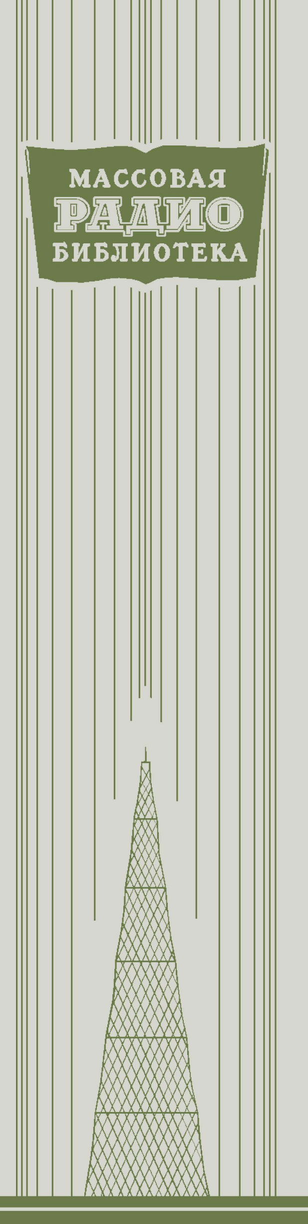
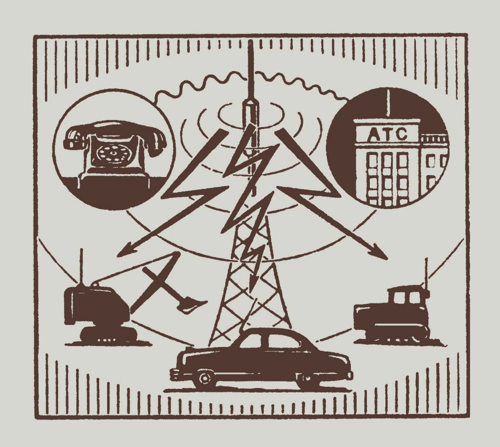


Б. Ф. ДУБРОВИН

РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ





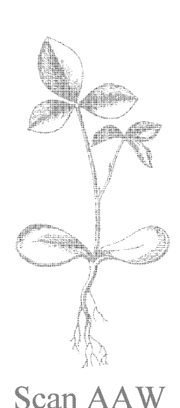
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1956

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 248

Б. Ф. ДУБРОВИН

РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1956 ЛЕНИНГРАД

В книге излагаются принципы организации и эксплуатации радиотелефонной ультракоротковолновой связи с автомобилями, тракторами, мелкими судами и другими подвижными объектами, а также рассматриваются основные схемы подвижной радиосвязи и применяемые для этой цели аппаратура и источники питания.

Книга рассчитана на подготовленного радиолюбителя.

Автор: *Дубровин Борис Федорович*

УЛЬТРАКОРОТКОВОЛНОВАЯ РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Редактор *Д. А. Конашинский* Техн. редактор *К. П. Воронин*

Сдано в набор 3/III 1956 г. Подписано к печати 2/VI 1956 г.
Бумага 84×108 1/32 4,92 п. л. Уч.-изд. л. 5,7
Т-05734 Тираж 25 000 экз. Цена 2 р. 30 к. Заказ № 1140

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в народное хозяйство новейшей техники, а также лучшее использование наличной техники и более четкая организация труда и управления производственными процессами немыслимы без наличия четкой и оперативно гибкой связи, одним из прогрессивных средств которой является радиосвязь.

Опыт применения коротковолновых радиотелефонных станций типа «Урожай» в МТС, при строительстве оросительных систем и в других случаях показал огромное значение радиосвязи в районах с недостаточно развитой телефонной сетью. В то же время эксплуатация этих радиостанций выявила и их недостатки: необходимость во избежание взаимных помех разносить радиостанции одинаковых серий на расстояние до 100 *км*, невозможность работы радиостанций многих серий в одном районе, малое число радиоканалов (линий связи между абонентами) в данном диапазоне, большое количество и высокий уровень индустриальных и атмосферных помех на этих волнах, значительные габариты антенных устройств, зависимость качества и дальности связи от времени суток, года и состояния погоды. Все эти недостатки отпадают с переходом на ультракороткие — метровые — волны от 1 до 10 *м* (частоты от 300 до 30 *мггц*).

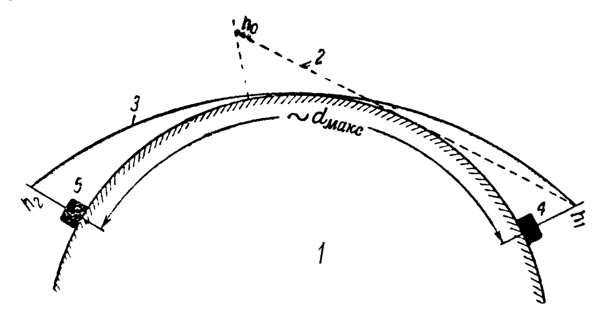
Метровые волны, плохо огибая земную поверхность, распространяются главным образом в пределах прямой видимости, почти не преломляются и не отражаются ионосферои обратно на землю как волны других диапазонов. Поэтому дальность устойчивой связи на УКВ ограничивается, строго говоря, линией прямой видимости и зависит от высоты подъема над землей антенных устройств радиостанций.

Максимальное расстояние $d_{макс}$ (в *км*), на котором возможна устойчивая связь на метровых волнах, ориентировочно определяется формулой

$$d_{макс} \approx 4{,}12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}),$$

где h_1 — высота подвеса антенны первой радиостанции, *м*;
h_2 — высота подъема антенны второй радиостанции, *м*.

Эта формула определяет расстояние до радиогоризонта (фиг. 1).



Фиг. 1. Дальность связи на метровых волнах.

1—земля; *2*—линия прямой видимости между точками (линия оптического горизонта); *3* — путь ультракоротких волн (линия радиогоризонта); *4* — передатчик с антенной, установленной на высоте h_1; *5* — приемник с антенной, установленной на высоте h_2.

Напряженность поля E (в *мкв/м*) в месте приема приблизительно может быть определена по формуле

$$E \approx \frac{85 h_1 h_2}{\lambda d^2} P_{изл},$$

где h_1 и h_2 — высота подъема антенн, *м*;
λ — длина волны, *м*;
d — расстояние между радиостанциями, *км*;
$P_{изл}$ — излучаемая мощность, *вт*.

Этой формулой можно пользоваться, когда расстояние между радиостанциями значительно больше высоты подъема антенн и не превышает расстояния $d_{макс}$, определяемого первой формулой.

Основными преимуществами связи на УКВ являются:

1. Стабильность связи, которая почти не зависит от времени суток, года и состояния погоды.

2. Возможность осуществления радиотелефонной связи с любым видом модуляции и широкой полосой.

3. Большое число каналов связи. Так, например, при ширине полосы радиотелефонного канала 50 *кгц* в случае применения радиостанций с частотной модуляцией на уча-

стке УКВ от 2 до 3 *м* (50 *мггц*) можно разместить в одном районе до 1 000 радиостанций, между тем как на участке КВ от 20 до 30 *м* (5 *мггц*) можно было бы разместить только около 100 радиостанций.

4. Возможность одновременной работы на одной и той же волне многих радиостанций при разносе их на 100—200 *км* друг от друга.

5. Ограниченные возможности нежелательного подслушивания передач, поскольку дальность связи ограничивается пределами видимости и поскольку возможно применение узконаправленных антенн.

6. Небольшой уровень различного рода помех.

7. Небольшие габариты УКВ аппаратуры и антенн.

Перечисленные преимущества связи на УКВ позволяют широко использовать эти волны для телевидения, высококачественного радиовещания с частотной модуляцией и для служебной радиотелефонной связи. Одним из современных средств связи на УКВ является так называемая подвижная радиосвязь — радиотелефонная связь на УКВ с различными подвижными объектами, например с автомобилями, небольшими судами, паровозами, тракторами и т. п.

Подвижные и переносные УКВ радиотелефонные станции могут быть сделаны легкими и небольшими по габаритам, надежными в работе и удобными в обращении. Они находят широкое применение на строительстве каналов и гидросооружений, в открытых горных разработках, при обслуживании газопроводов и нефтепроводов, на торфоразработках и нефтепромыслах (с вышками в море), при строительстве и ремонте шоссейных и железных дорог. Их используют для связи с малыми судами и катерами на реках, водохранилищах и в морских портах. При помощи портативных радиотелефонных станций устанавливают связь между машинистами подъемных кранов и рабочими в трюмах судов при погрузке или выгрузке, поддерживают связь с путевым обходчиками, сцепщиками на железных дорогах. Портативные УКВ радиостанции можно применять на стройках домов и промышленных сооружений, например, для связи диспетчеров или руководителей стройки с бригадами монтажников, машинистами подъемных кранов, экскаваторов, бульдозеров и т. п.

Ультракоротковолновая связь может быть использована в лесхозах, на лесозащитных станциях, на лесосплаве, на кордонах лесничих и лесников, при тушении лесных пожа-

ров и борьбе с лесными вредителями. Ее удобно применять для связи между изыскательскими или истребительными партиями и самолетами лесной и сельскохозяйственной авиации.

В городах радиотелефонными станциями могут быть оборудованы автомашины скорой медицинской помощи, пожарные и аварийные машины городских служб, водопровода, газа, энергосистем и т. п. Применение радиосвязи в скорой медицинской и технической помощи, а также в пожарной службе позволяет быстро направлять и сосредоточивать помощь в наиболее нужных местах, сокращая излишний пробег транспорта в случаях, если вызванная помощь в данном месте уже не требуется, а необходима в другом месте. Кроме того, она позволяет сократить количество технических средств, выделенных для этих целей, так как при наличии быстрой и надежной связи отпадает необходимость в оставлении резерва этих средств.

Многие системы подвижной радиосвязи позволяют осуществлять непосредственную связь абонентов телефонных станций с радиостанциями на подвижных объектах. Это дает возможность вести переговоры через любой телефонный аппарат, например, с автомашинами или катерами и другими судами, находящимися в зоне действия радиостанций. Средства подвижной связи могут быть использованы также и для связи с такси, городскими и загородными автобусами и грузовыми автомашинами.

Вообще подвижная радиосвязь незаменима во всех тех случаях, когда необходимо осуществить немедленную связь из любой точки на данной местности. Первоначальные затраты на организацию сетей подвижной радиотелефонной связи благодаря их высоким технико-экономическим показателям обычно быстро окупаются в процессе эксплуатации, не говоря уже об экономии при этом проводов, столбов, кабеля и других материалов, необходимых для сооружения проводных или кабельных линий связи. Подсчитано, например, что стоимость строительства воздушной проводной линии длиной 25 *км* (включая стоимость доставки материалов к месту работ) значительно превышает стоимость радиоаппаратуры, необходимой для организации радиосвязи на таком же расстоянии. Особенно удешевляется стоимость строительства и эксплуатации линий радиосвязи в сильно пересеченных и гористых местностях.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

ОСОБЕННОСТИ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Специфичность задач, решаемых средствами подвижной радиосвязи, соответственно отражается и на принципах ее организации. Подвижная радиосвязь занимает промежуточное место между телефонной связью по проводам, радиорелейной и обычной радиосвязью на коротких и длинных волнах. Одной из главных особенностей этого вида связи является то, что при помощи небольшой по габаритам и весу аппаратуры, доступной в управлении не обученным этому делу людям, и при сравнительно простых антенных устройствах можно осуществить в любое время суток и года практически из любой точки на данной местности двустороннюю радиотелефонную связь с диспетчером или абонентами телефонной станции. Связь эта обеспечивается как при нахождении на месте, так и во время движения подвижных объектов. Это достигается применением специальных систем и конструкций аппаратуры и вносит специфику в дело организации связи.

Средства подвижной связи по назначению и технико-эксплуатационным показателям можно разделить на две категории: 1) обеспечивающие радиотелефонную связь между диспетчерским пунктом или абонентами телефонной сети и средствами транспорта, а также и средств транспорта между собой и 2) легкие переносные радиостанции для организации временных линий связи на небольших расстояниях. В зависимости от назначения и количества подвижных объектов, нуждающихся в двусторонней связи, применяют более или менее сложные системы связи с тем или иным радиусом действия. Основными элементами каждой такой системы являются подвижные радиостанции, центральные радиостанции (радиоцентры) и ретрансляции. Переносные радиостанции обычно применяют для связи между однотип-

ными с ними радиостанциями, хотя они могут работать и в сетях наряду с подвижными радиостанциями.

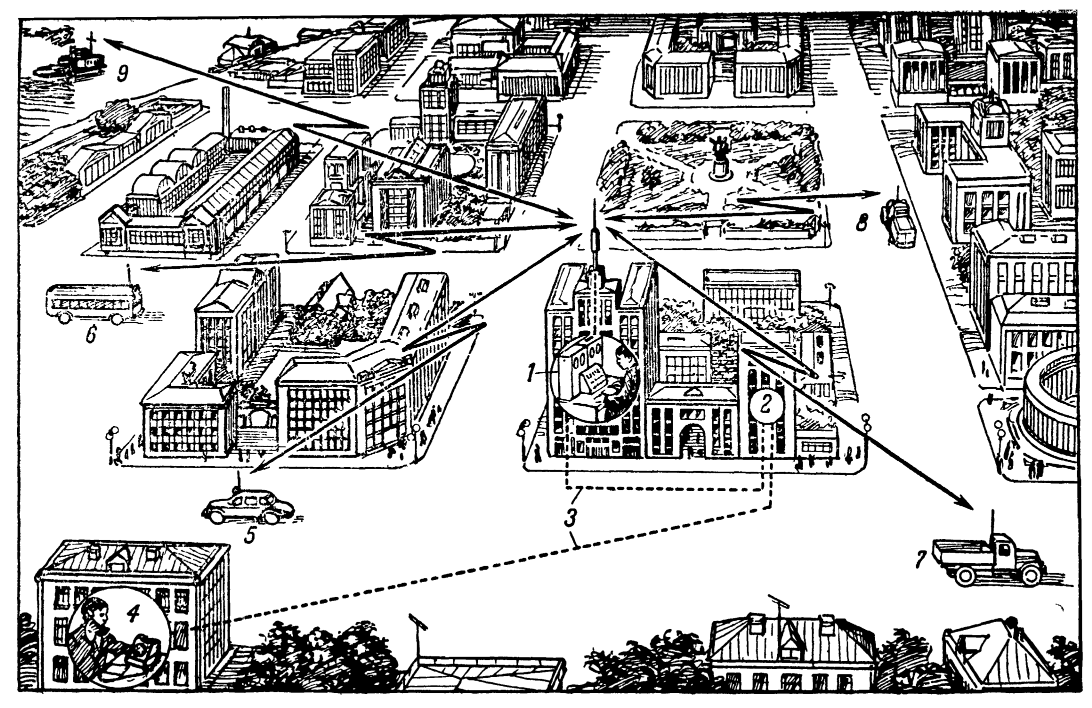
Характерными особенностями подвижной связи являются: 1) применение жестких каналов связи, вследствие чего при вступлении в связь аппаратуру не нужно настраивать и в процессе работы подстраивать, и 2) особая система вызова корреспондентов.

ВНУТРИГОРОДСКИЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ

Системы подвижной связи, предназначенные для городских нужд, несколько отличаются от применяемых в сельской местности. В задачи внутригородских радиослужб обычно входит обеспечение связи между диспетчерскими пунктами или абонентами телефонных сетей и различными видами автомобильного или другого транспорта (фиг. 2). Поэтому каналы подвижной связи здесь являются как бы продолжением проводных или кабельных телефонных линий, вследствие чего радиосвязь осуществляется дуплексом, т. е. переговоры ведутся одновременно в двух противоположных направлениях так же, как и при обычной телефонной связи. Для этой цели аппаратура радиоцентра снабжается переходным устройством, позволяющим соединять двухпроводные телефонные линии с четырехпроводными, т. е. с радиоканалами (вход передатчика и выход приемника), а подвижные радиостанции имеют каждая приемник и передатчик, которые могут работать одновременно.

Применение дуплексной связи влечет за собой необходимость выделения двух рабочих волн: одной — для приема корреспондента и второй — для передачи ему, причем эти волны должны быть разнесены одна от другой настолько, чтобы в процессе переговоров не создавать перекрестных помех.

В рассматриваемом случае связь между абонентами телефонной сети и подвижными объектами происходит следующим образом. Абонент набирает (в случае автоматической телефонной станции — АТС) номер телефона центральной радиостанции подвижной связи или называет его телефонистке (если связь происходит через ручную телефонную станцию — РТС) и, связавшись с находящимся на радиостанции диспетчером, сообщает ему номер интересующей его подвижной радиостанции. Диспетчер вызывает требуемую станцию и, получив ответ, соединяет ее через переходное устройство с абонентом. После прекращения разговора абонент кладет микротелефонную трубку на рычаг



Фиг. 2. Двусторонняя радиотелефонная связь на УКВ с подвижными объектами в городе.

1 — радиоцентр; *2* — автоматическая или ручная телефонная станция; *3* — кабельная (проводная) линия связи; *4* — абонент АТС или РТС; *5* — скорая медицинская или техническая помощь; *6* — городские и загородные автобусы; *7* — грузовой автотранспорт, такси и другие городские службы; *8* — пожарные машины; *9* — речные суда.

телефонного аппарата, о чем диспетчеру укажет установленный на пульте центральной радиостанции индикатор. Если, наоборот, подвижная радиостанция вызывает, то ее оператор называет требуемый номер телефона диспетчеру, последний в свою очередь называет его телефонистке или набирает номер при помощи диска и по получении ответа абонента соединяет его так же, как и в первом случае. Процесс вызова и соединения обычно занимает не более 50—60 сек.

Другим отличием внутригородской радиосвязи является необходимость для обеспечения устойчивой связи применять наиболее короткие волны метрового диапазона, что обусловливается особенностями распространения радиоволн в городе.

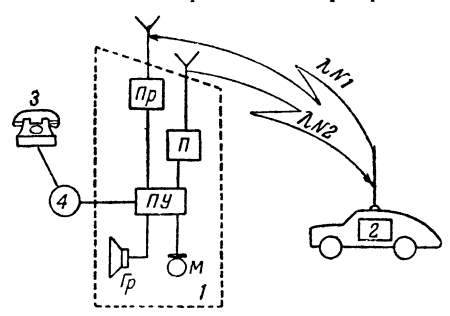
ЗАГОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ

Системы подвижной радиосвязи, рассчитанные для работы в небольших городах и в сельской местности, обычно работают на более длинных волнах метрового диапазона, меньше рассеиваемых в этих условиях и лучше огибающих неровности. Эти системы работают преимущественно симплексом, т. е. поочередно, — когда один из корреспондентов говорит, второй может только слушать, и если он чего-либо не понял, то не может прервать его, пока тот не переключит радиостанцию на прием.

Для симплексной связи требуется только одна волна, поэтому радиоаппаратура для такой связи получается более простой, меньших размеров, веса и экономичнее по питанию. Это в свою очередь удешевляет стоимость радиостанций и уменьшает эксплуатационные расходы, что во многих случаях окупает некоторые неудобства, испытываемые операторами при ведении симплексной радиотелефонной связи. Но симплексная связь не позволяет вести переговоры с абонентами телефонных сетей.

Симплексную связь можно улучшить, применив на центральной радиостанции дуплексную аппаратуру, т. е. приемник и передатчик, работающие на двух разных волнах, а на подвижных радиостанциях — симплексную аппаратуру, допускающую передачу на одной волне, а прием — на другой (фиг. 3). Это позволяет вести связь как бы полудуплексом, так как здесь имеется возможность прервать передачу центральной радиостанции, что существенно повышает пропускную способность линий связи, дает возможность соединяться с абонентами телефонной сети и тем самым создает большие удобства для пользующихся радиотелефоном.

Как во внутригородских, так и в загородных системах связи для увеличения дальности действия подвижных и переносных радиостанций применяют ретрансляции.



Фиг. 3. Схема полудуплексной радиотелефонной связи.

1 — центральная дуплексная радиостанция (*П* — передатчик; *Пр* — приемник; *ПУ* — панель управления; *М* — микрофон; *Гр* — громкоговоритель); *2* — подвижная симплексная радиостанция; *3* — абонент телефонной сети, *4* — телефонная станция.

Итак, сети подвижной радиосвязи состоят: из центральной радиостанции, обычно устанавливаемой в помещении и иногда имеющей несколько вынесенных приемников и ретрансляторов, и многих подвижных или переносных радиостанций, установленных на подвижных объектах.

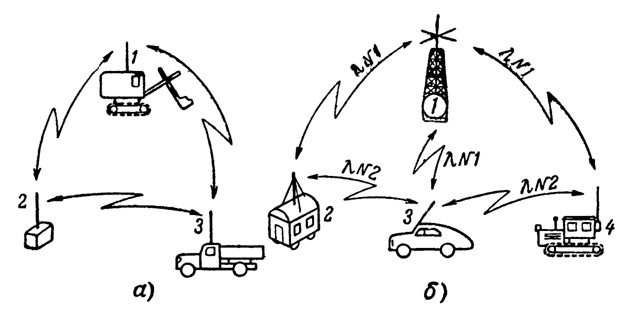
СХЕМЫ СВЯЗИ

Мобильность подвижных средств связи позволяет применять их в самой разнообразной обстановке, и поэтому схемы организации подвижной радиосвязи могут быть самыми различными. Рассмотрим наиболее типичные из них.

1. Простейшая схема подвижной связи показана на фиг. 4,*а*. Это — типичная схема связи между переносными симплексными радиостанциями, работающими на одной общей для всех станций волне. По такой схеме осуществляют связь при небольшом числе действующих радиостанций, которые по условиям работы должны быть взаимно связаны между собой.

2. Наиболее распространенная схема подвижной связи приведена на фиг. 4,*б*. Связь: диспетчер—группа подвижных или переносных радиостанций, действующих в определенной зоне, носит название узловой связи. Для ее осуществления на диспетчерском пункте устанавливают стационарную радиостанцию, являющуюся центральной, а по-

движные объекты снабжают более легкими и обычно менее мощными симплексными или полудуплексными подвижными или переносными радиостанциями. Подобная система имеет, как правило, устройство для избирательного вызова подвижных радиостанций, переносные же станции такого вызова не имеют. Если необходима непосредственная связь между собой подвижных или переносных радиостанций, они должны иметь две волны: одну для связи с центральной радиостанцией — центральный канал связи и другую для связи между ними — местный канал связи. При работе подвиж-



Фиг. 4. Схемы подвижной радиосвязи.

а — между однотипными симплексными радиостанциями (*1*, *2* и *3* — переносные радиостанции); *б* — комбинированная радиотелефонная связь (*1* — центральная радиостанция; *2*, *3* и *4* — подвижные радиостанции; λ № *1* — волна центрального канала связи; λ № *2* — волна местного канала связи).

ных радиостанций между собой возможность избирательного вызова исключается, так как дополнительное вызывное устройство чрезмерно усложняет конструкцию аппаратуры.

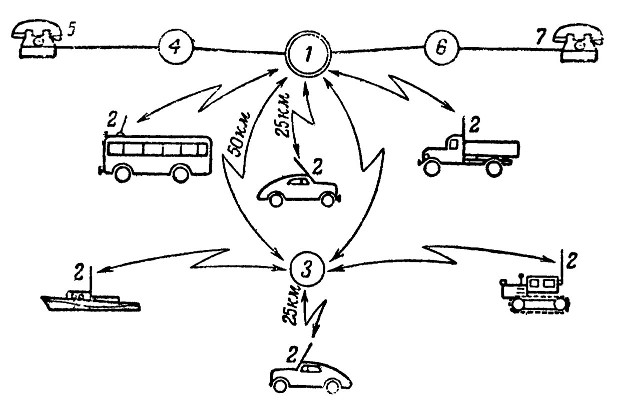
3. Более сложной является типичная схема внутригородской радиосвязи, обеспечивающая связь между подвижными радиостанциями и абонентами АТС или РТС (фиг. 5). Здесь связь происходит по схеме: абонент — АТС или РТС — диспетчер центральной радиостанции — подвижная радиостанция. Осуществление такой связи требует, как было уже сказано выше, применения дуплексной аппаратуры.

Аналогичную схему применяют и для связи между иногородними абонентами и подвижными радиостанциями или между подвижными радиостанциями одной сети связи и подвижными радиостанциями другой сети, например находящейся в другом населенном пункте вне радиуса действия данной центральной радиостанции.

В некоторых системах внутригородской связи в подвижной аппаратуре имеется, кроме центрального, еще местный

радиоканал, используемый для непосредственной связи между подвижными радиостанциями. Однако это удорожает и еще более усложняет аппаратуру дуплексных подвижных радиостанций.

4. Когда необходимо обеспечить связь между подвижными объектами и несколькими постоянными пунктами, например на стройках, в МТС и т. д., то на центральной радиостанции устанавливают небольшой коммутатор и переходное устройство, а на постоянных пунктах — телефонные аппараты системы МБ с клапаном (тангентой) на микро-



Фиг. 5. Типичная схема организации внутригородской радиотелефонной дуплексной связи.

1 — центральная радиостанция, *2* — подвижные радиостанции, *3* — ретрансляционная станция, управляемая по радио, *4* — городская телефонная станция, *5* — абоненты городской телефонной сети; *6* — междугородная телефонная станция; *7* — иногородние абоненты.

телефонной трубке, которые проводами или кабелем соединяют с коммутатором. Подобная система позволяет применить простую симплексную аппаратуру.

5. Для обеспечения связи вдоль какой-либо трассы значительной протяженности — так называемой линейной связи — применяют специальные промежуточные радиостанции — ретрансляторы, которыми управляют с центральной радиостанции по проводам или по радио. Связь подвижных радиостанций с абонентами в этом случае осуществляется так же, как это было указано выше.

При организации временных линий связи схемы ее остаются теми же, только центральные радиостанции и ретрансляторы делают подвижными, т. е. их устанавливают в автомобилях или в других подвижных объектах.

ГЛАВА ВТОРАЯ
АППАРАТУРА ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ АППАРАТУРЫ

При разработке аппаратуры подвижной связи возникают вопросы о выборе системы связи, волн, способе модуляции, ширине полосы радиоканалов и т. д. Приводимые ниже данные, а также примерные характеристики зарубежной типовой аппаратуры могут служить в некоторой мере отправным материалом при решении указанных задач.

Система связи. Как уже было изложено выше, дуплексные радиотелефонные системы применяют главным образом для внутригородской связи, в сетях, где необходима двусторонняя связь между подвижными объектами и абонентами АТС или РТС, при большом числе одновременно действующих подвижных радиостанций и большой загрузке каналов связи.

При всех своих положительных качествах дуплексная связь невыгодна тем, что требует двух волн, более сложного антенного устройства, исключает возможность использования общих элементов схемы для передатчика и приемника, повышает расход питания радиостанции, увеличивает габариты и вес аппаратуры.

Поэтому многие подвижные УКВ радиостанции массового пользования и все переносные станции делают симплексными. Некоторые из них позволяют вести передачу на одной, а прием на другой волне, вследствие чего они могут работать полудуплексом и быть использованы в дуплексных системах связи.

Выбор рабочих волн. Не вдаваясь в детали распределения между различными радиослужбами участков УКВ диапазона [1], рассмотрим коротко свойства этих волн и выясним целесообразность применения того или иного диапазона их для работы средств подвижной связи.

Опыт эксплуатации сетей подвижной радиосвязи и многочисленные экспериментальные данные показывают, что в городах и вообще в густо застроенных местностях, где имеют место отражения радиоволн от всевозможных строений и высокий уровень индустриальных помех, а также помехи от коротковолновых радиостанций, лучшее качество связи получается на волнах короче 3—4 *м* (частоты выше

[1] Распределением радиоволн между ведомствами и организациями ведают органы Министерства связи.

75 *мггц*). Объясняется это тем, что расстояния между максимумами и минимумами напряженности поля вблизи земной поверхности благодаря различному пути распространения волновых лучей (за счет отражений) получаются меньшими на более коротких волнах УКВ диапазона и, следовательно, условия для получения устойчивой связи здесь будут более благоприятными. Меньший уровень радиопомех наблюдается потому, что они обусловлены главным образом паразитным излучением на гармониках коротковолновых радиостанций, которое на более высокой гармонике (4—3 *м*) будет слабее, чем на гармониках порядка 8—6 *м*. Волны короче 3—4 *м* удобны еще тем, что позволяют применять небольшие, удобные в эксплуатации и высокоэффективные антенные устройства.

С целью увеличения дальности связи одну из антенн радиостанций поднимают возможно выше «среднего уровня крыш», т. е. настолько, чтобы она возвышалась над окружающими зданиями.

В городах с невысокими строениями, поселках, прибрежной полосе, при связи вдоль определенных трасс или просто на пересеченной местности, а также в местностях с малым уровнем индустриальных помех бо́льшая дальность связи получается на волнах 6—10 *м* [1] (частоты 50—30 *мггц*) и даже 12 *м*. Эти волны меньше рассеиваются деревьями, кустарниками и лучше огибают неровности земной поверхности, чем волны порядка 4—3 и меньше метров.

Модуляция. В радиоаппаратуре подвижной связи применяют главным образом частотную, частотно-фазовую, реже амплитудную модуляцию.

Применение частотной модуляции (ЧМ) обеспечивает при прочих равных условиях большие дальности радиотелефонной связи и лучшее ее качество даже при высоком уровне радиопомех. Это объясняется двумя обстоятельствами. Во-первых, при частотной модуляции амплитуда модулированных колебаний не меняется и, следовательно, средняя мощность при модуляции равна максимальной мощности генератора, так что к. п. д. генератора высокой частоты возрастает. Это увеличивает дальность действия станции с ЧМ по сравнению со станцией, имеющей амплитудную модуляцию (АМ). Во-вторых, дальность радиосвязи

[1] В ряде стран для подвижной радиосвязи в городах выделены частоты в диапазоне 150—170 *мггц* (2—1,7 *м*), а для провинциальных служб—31—41 *мггц* (10—7,5 *м*)

возрастает с увеличением отношения напряжения принимаемых сигналов к напряжению помех. Большинство же источников электрических помех, как, например, грозовые разряды, искрящие электромашины и приборы, системы зажигания двигателей внутреннего сгорания и т. п., излучает главным образом АМ волны. Наличие в ЧМ приемниках ограничительных каскадов позволяет срезать амплитудные пики попадающих на их вход напряжений помех, когда они превышают определенный уровень. Помехи частотного характера проявляются в основном тогда, когда их частота лежит в полосе пропускания высокочастотной части приемника и создаваемые помехами и несущей волной сигнала биения лежат в пределах полосы пропускания низкочастотной части приемника. Надлежащим подбором отношения девиации частоты к полосе пропускания обычно удается в значительной мере снизить и помехи этого рода.

Поскольку о девиации частоты ниже мы будем говорить неоднократно, то считаем необходимым остановиться подробнее на этом вопросе. В радиостанциях с АМ в соответствии с низкой модулирующей частотой меняется амплитуда колебаний несущей частоты, а при частотной модуляции в соответствии с модулирующей частотой меняется частота самой несущей, амплитуда же ее остается неизменной, т. е. в последнем случае частота колебаний изменяется относительно некоторой средней величины несущей частоты; она становится то больше, то меньше этого среднего значения. Такое отклонение носит название девиации частоты.

Установлено, что с увеличением девиации частоты (до определенных пределов — до ±75—80 *кгц*) уменьшается действие на прием помех, а следовательно, улучшается качество радиоканалов. Поэтому, например, для целей радиовещания девиацию обычно берут порядка ±75 *кгц*. Однако увеличение девиации частоты сопровождается усложнением аппаратуры, требует более широкой полосы передаваемых частот и т. д. Все это удорожает стоимость изготовления и эксплуатации аппаратуры и уменьшает число радиоканалов в данном диапазоне. Системы с большой девиацией частоты используют главным образом в тех случаях, когда необходимо получить бóльшое отношение сигнала к помехам, т. е. высококачественную передачу. Узкополосные системы с малой девиацией частоты (8—25 *кгц*) применяют тогда, когда важно получить возможно больший радиус действия радиостанций, а качество передачи имеет второстепенное значение.

В результате экспериментальной работы были установлены оптимальные величины девиации частоты для радиотелефонных станций. В наиболее простых радиостанциях переносного и портативного типов, предназначенных для служебной связи, девиацию частоты рекомендуется брать порядка ±6—8 *кгц*, а в более совершенных подвижных и стационарных радиостанциях — около ±12—18 *кгц*. Если к радиоканалу предъявляются повышенные в смысле качества передачи требования, то в таких радиостанциях ее берут равной ±25—30 *кгц*. Величина девиации частоты у всех радиостанций, работающих в одной сети, должна быть во избежание искажений одинаковой.

Соответственно с увеличением девиации будет расширяться и полоса частот, необходимая для работы радиостанции. Так, например, для радиостанции с девиацией ±8 *кгц* нужна полоса частот $8 \times 2 = 16$ *кгц*, для радиостанции с девиацией ±30 *кгц* уже требуется полоса частот $30 \times 2 = 60$ *кгц*.

Девиация порядка ±10—12 *кгц* обеспечивает при наличии помех удовлетворительную разборчивость речи, достаточную для работы большинства служебных линий радиосвязи. При меньших значениях девиации ухудшается помехозащищенность каналов связи, а следовательно, теряется важное преимущество частотной модуляции.

Достоинством ЧМ является и возможность удовлетворительного приема нужной радиостанции при помехах со стороны другой ЧМ станции, работающей на той же или близкой несущей волне, если отношение сигнала помехи к принимаемому сигналу не превышает 1 : 2—1 : 3.

В радиостанциях переносного и портативного типов, т. е. в малоламповых простых схемах, где габариты аппаратуры, ее вес и экономичность питания играют первостепенную роль, до последнего времени применяли преимущественно АМ. С расширением же производства малогабаритных деталей, радиоламп, разработкой методов печатания схем и способов бескварцевой высокоэффективной стабилизации частоты генераторов появилась возможность использовать преимущества ЧМ и для создания переносных и портативных УКВ радиостанций.

Ширина полосы радиоканалов. В целях размещения в диапазоне метровых волн возможно большего числа радиостанций необходимо рабочие частоты их разнести на минимальную величину, обеспечивающую отсутствие взаимных

помех между соседними каналами. В этой связи возникает вопрос о ширине полосы радиоканалов, отводимых для работы подвижных и переносных радиостанций. На основании сказанного выше и опытных данных, а также учитывая, что у передатчиков подвижных радиостанций отклонения частоты от номиналов не должны превышать максимум 0,01% при работе на частотах 30—100 *мггц* и 0,02% — на частотах 100—300 *мггц* *, считают, что ширина полосы каждого радиоканала должна быть порядка 50—60 *кгц* на частотах 30—100 *мггц* и от 100 до 150 *кгц* — на частотах 100—300 *мггц*. Указанные величины допустимого отклонения частоты от номинала не являются слишком жесткими. В современных подвижных радиостанциях, снабженных приемниками с гетеродинами, стабилизированными кварцами и автоподстройкой, и передатчиками, в которых приняты специальные меры повышения стабильности частоты, отклонение частоты от номинала при изменении окружающей температуры от —25 до +50° С не превышает на наиболее низких частотах метрового диапазона 0,005%, а на более высоких — 0,01%.

Конструктивные особенности. Специфические условия эксплуатации УКВ радиостанций подвижной связи предъявляют особые требования и к их конструкциям.

Общими требованиями ко всем типам подвижных и переносных радиостанций являются: достаточная механическая прочность аппаратуры, ее компактность, небольшой вес, способность выдерживать сильную продолжительную тряску и вибрацию; они не должны бояться ударов, повышенной влажности, должны быть экономичными, обеспечивать устойчивую радиосвязь при большом перепаде температур окружающего воздуха. Конструкции, предназначенные для работы в сельском хозяйстве, на строительствах и в дорожно-полевых условиях, кроме того, должны быть пыленепроницаемыми и влагонепроницаемыми. С целью упрощения обращения с радиостанциями они имеют одну или несколько фиксированных, обычно стабилизированных кварцами волн, что обеспечивает возможность беспоискового вхождения в связь и бесподстроечного ее ведения. Последнее позволяет эксплуатировать их лицам, не имеющим специальной радиотехнической подготовки.

---

* Действующие временные допустимые нормы отклонения частоты подвижных радиостанций от номиналов, принятые в СССР для диапазона 24—500 *мггц*, равны 0,03%.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВОЙ РАДИОАППАРАТУРЫ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Аппаратуру подвижной связи можно разбить на пять групп:

1) стационарные и подвижные радиостанции для двусторонней симплексной или полудуплексной связи;

2) стационарные и подвижные радиостанции для двусторонней дуплексной связи диспетчера и абонентов АТС и РТС с подвижными радиостанциями;

3) легкая переносная аппаратура (весом до 16 *кг*) для двусторонней симплексной связи, предназначенная для организации временных радиотелефонных линий связи на расстояниях до 8—12 *км*;

4) портативная («репортерская») аппаратура (весом 2—3 *кг*) для двусторонней симплексной связи с радиусом действия до 1—1,5 *км*;

5) малогабаритная аппаратура (передатчики) для односторонней «радиопроводной» связи, позволяющая осуществлять передачу сообщения только с периферии в центр в радиусе до 1—1,5 *км*.

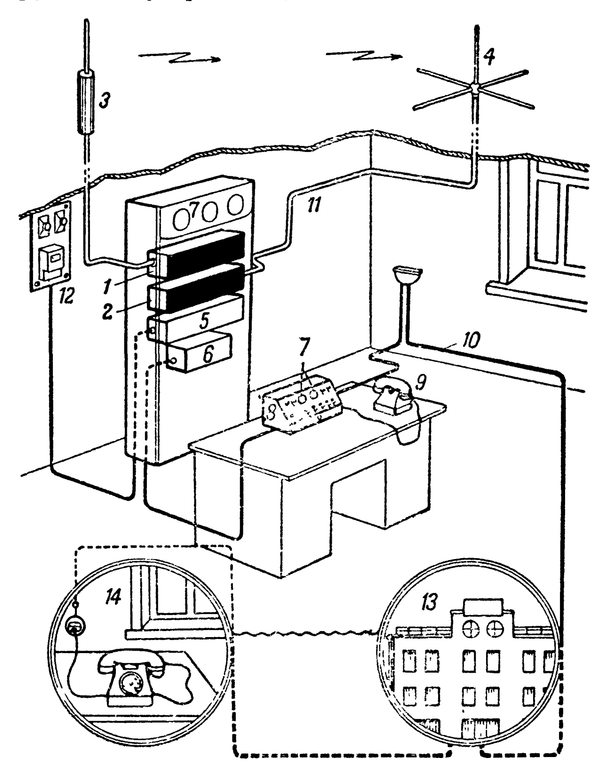
Аппаратура первой группы является наиболее распространенной. К ней относятся стационарные и подвижные УКВ радиостанции, применяемые для внутригородской связи, в сельском хозяйстве, на строительствах, в портах и т. д., т. е. в случаях, когда необходимо связать диспетчера с подвижными объектами, находящимися на расстоянии нескольких десятков километров от центральной радиостанции. При наличии у подвижных радиостанций двух волн можно осуществлять непосредственную связь и между ними (на соответственно меньших расстояниях). Применение полудуплексной аппаратуры позволяет осуществлять связь между подвижными радиостанциями и телефонными абонентами.

Поскольку между аппаратурой первой и второй групп имеется много общего, рассмотрим их совместно.

Стационарные радиостанции. Ультракоротковолновые радиостанции, используемые в качестве центральных радиостанций сетей связи, состоят из следующих основных узлов (фиг. 6): 1) приемника и передатчика (в симплексных радиостанциях они иногда конструктивно объединены в один аппарат — приемо-передатчик); 2) одной или двух специальных антенн; 3) устройства для вызова подвижных радиостанций; 4) коммутирующего и переходного устройств, 5) устройства питания (выпрямителей или агрегата авто-

номного питания). Радиостанции с дистанционным управлением, кроме того, имеют систему реле управления аппаратурой.

Количество соединений, осуществляемых при помощи коммутирующего устройства, и емкость вызывного устрой-

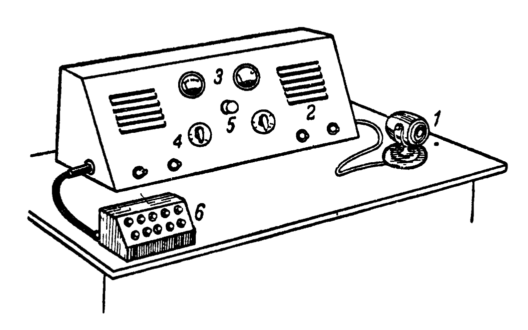


Фиг. 6. Оборудование центральной радиостанции подвижной (дуплексной) связи.

1 — передатчик; *2* — приемник; *3* — передающая антенна; *4* — приемная антенна, *5* — выпрямители, *6* — вызывное устройство *7* — контрольно-измерительные приборы, *8* — пульт управления (коммутирующее устройство); *9* — микротелефонная трубка, *10* — телефонный кабель; *11* — высокочастотный кабель; *12* — силовой щиток, *13* — телефонная станция, *14* — абонент телефонной сети.

ства зависят от назначения центральной радиостанции и количества подвижных радиостанций, работающих в сети. При обслуживании 10—15 подвижных радиостанций и 3—5 абонентов, включенных в коммутатор местной связи, эти устройства относительно просты (фиг. 7).

Радиостанции для связи с бóльшим числом подвижных радиостанций делают дуплексными и с более сложными коммутирующим, вызывным и другими устройствами. Для центральных радиостанций, рассчитанных на значительную нагрузку и связь с большим количеством подвижных радиостанций, иногда одного-двух радиоканалов оказывается недостаточно, поэтому их оборудуют аппаратурой, позволяющей работать на нескольких радиоканалах с несколькими подвижными радиостанциями одновременно (соединяя их с абонентами РТС или АТС). Это, кроме того, дает возмож-



Фиг. 7. Пульт управления небольшой центральной радиостанции.

1 — микрофон; *2* — громкоговоритель, *3* — контрольно-измерительные приборы, *4* — регулятор усиления, *5* — индикатор вызова, *6* — кнопки вызова подвижных радиостанций

ность при появлении помех на одном из радиоканалов маневрировать радиоканалами, а также использовать их для связи подвижных объектов между собой через центральную радиостанцию.

В современной аппаратуре число радиоканалов достигает 16, с промежутками между ними от 150 *кгц* до 0,5 *мггц*. Звуковой тракт каждого из них занимает полосу от 300 до 3 000 *гц*, что приблизительно соответствует принятому телефонному стандарту.

Аппаратура центральной радиостанции действует примерно следующим образом. Приемники работают все время в дежурном режиме (см. стр. 26), при этом громкоговоритель или микротелефонная трубка выключены и вместо них на выходе включен индикатор вызова. При поступлении от подвижной радиостанции вызывного сигнала срабатывает индикатор, оператор нажатием кнопки или ключа включает передатчик и одновременно с ним громкоговоритель, после чего абоненты ведут переговоры. Если необходимо вызвать

какую-нибудь подвижную радиостанцию, оператор нажимает соответствующую вызывную кнопку, которая включает передатчик и посылает вызывной сигнал, принимаемый только той радиостанцией, которой он адресован. После получения ответа переговоры ведут обычным образом.

Мощность стационарных передатчиков определяется назначением и необходимой дальностью связи, а также конструктивными особенностями и условиями эксплуатации подвижных радиостанций. Для внутригородской связи с радиусом действия радиостанций порядка 25—30 *км* или несколько больше применяют передатчики мощностью 40—60 *вт* и преимущественно с частотной модуляцией. Если подвижные радиостанции оборудованы малочувствительными приемниками, плохими антеннами, работают в густо застроенной или сильно пересеченной местности и на больших расстояниях от центральной радиостанции, то мощность стационарных передатчиков повышается до 100—150 *вт*; в некоторых странах для этой цели применяют иногда передатчики мощностью до 200—250 *вт*. Однако создание подобных УКВ передатчиков затруднительно и экономически вряд ли целесообразно. Учитывая же, что дальность радиосвязи лимитируется прежде всего мощностью подвижной аппаратуры, обычно идут по пути применения на центральной радиостанции высокоэффективных передающих антенн, не увеличивая мощности передатчиков свыше 100 *вт*; более мощные передатчики устанавливают лишь в отдельных случаях при наличии приемных радиоретрансляторов и в очень тяжелых условиях приема.

На радиостанциях, предназначенных для сельской местности или поселков с преимущественно невысокими строениями, для получения тех же результатов передатчики могут иметь меньшую мощность, что объясняется малым рассеиванием и поглощением электромагнитной энергии и более низким уровнем помех в данных условиях. Так, например, опыт показал, что при работе в среднепересеченной местности передатчик мощностью 10—15 *вт* на волнах 4—6 *м* обеспечивает устойчивую круглосуточную радиосвязь в радиусе порядка 30—35 *км*, а при достаточно высоко поднятых антеннах и больше. Береговые радиостанции такой же мощности обеспечивают связь с судами на еще бо́льших расстояниях за счет лучшего распространения волн над морем.

Схемы большинства передатчиков однотипны и разнятся лишь в деталях, что позволяет использовать одну и ту же

аппаратуру для стационарных и подвижных радиостанций Модуляция в них осуществляется одной или двумя реактивными лампами, непосредственно воздействующими на стабилизированный кварцем задающий генератор. Первоначальное незначительное отклонение частоты под действием модулирующего сигнала затем увеличивается умножением ее в последующих каскадах передатчика так, что на его выходе девиация достигает требуемой величины. Высокая стабильность выходной частоты достигается применением кварцев на частоты 0,3—3 *мггц* с последующим умножением частоты в 60—80 раз. Кроме того, с этой же целью кварцы помещаются в термостаты, в которых особыми терморегуляторами температура поддерживается постоянной.

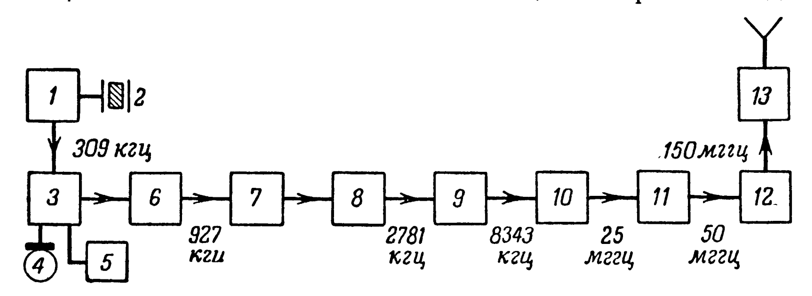
На некоторых радиостанциях ЧМ передатчика осуществляется косвенным путем при помощи вспомогательного генератора с самовозбуждением и специального преобразовательного каскада. В этом случае низкочастотный сигнал воздействует на частоту вспомогательного генератора, работающего в диапазоне длинных волн; затем модулированные по частоте колебания подаются на одну из сеток преобразовательных ламп. На другую сетку преобразовательной лампы подаются колебания от стабилизированного кварцем задающего генератора, работающего на более высоких частотах. В результате в анодной цепи преобразовательных ламп можно выделить модулированные по частоте колебания промежуточной частоты, которые затем обычным порядком усиливаются и умножаются. Это обеспечивает высокую стабильность средней (несущей) частоты передатчика.

Типичный ЧМ передатчик обычно состоит из задающего генератора, частотного модулятора, нескольких каскадов умножения частоты и оконечного каскада — усилителя мощности, часто выполняемого по двухтактной схеме (фиг. 8).

Стационарные передатчики отличаются более мощной выходной лампой. Большинство из них имеет по 6—10 ламп. В задающем генераторе, предварительных каскадах усиления и в качестве реактивных используют обычные приемо-усилительные, большей частью пальчиковые, радиолампы шести- или двенадцативольтовой серии с косвенным накалом, а в оконечных каскадах применяют специальные генераторные тетроды или триоды, например типов ГУ-50, ГУ-29, ГУ-32, Г-811 и т. п.

Приводим некоторые другие характеристики передатчиков стационарных радиостанций: 1) девиация частоты

в зависимости от типа аппаратуры — от ±8—10 до ±25 *кгц* при нормальном уровне напряжения звуковой частоты на входе модулятора передатчика; 2) неравномерность частотной характеристики звукового тракта в диапазоне 300—3 000 *гц* — не более 1 *дб*; 3) коэффициент гармоник при номинальном уровне напряжения звуковой частоты на входе модулятора передатчика — порядка 2—5%; 4) стабильность средней (несущей) частоты (в зависимости от диапазона) — от $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ до $\pm 2 \cdot 10^{-5}$; 5) сохранение работоспособности — при изменении температур в пределах от —25 до +50° С и изменениях всех питающих напряжений до



Фиг. 8. Блок-схема ЧМ передатчика центральной радиостанции.

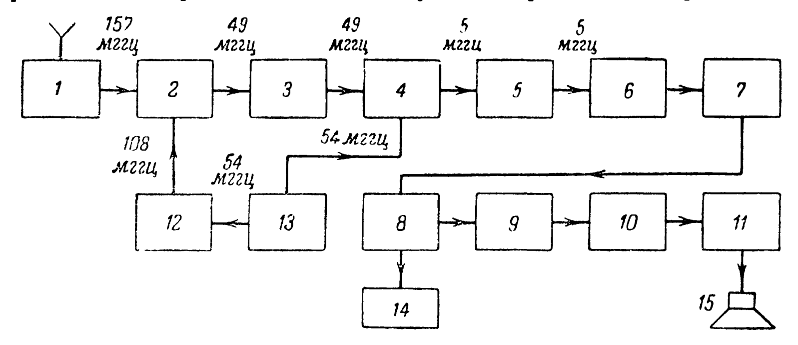
1 — задающий генератор; *2* — кварц; *3* — частотный модулятор; *4* — микрофон; *5* — блок посылки вызова; *6* — утроитель; *7* — усилитель; *8* — утроитель; *9* — утроитель; *10* — утроитель; *11* — удвоитель; *12* — утроитель; *13* — двухтактный усилитель мощности.

±15%; 6) режим работы ламп: накал включен постоянно, анодное напряжение подается только при вызовах и ведении переговоров.

Основные параметры аппаратуры с АМ примерно такие же, остальные ее данные не отличаются от данных аналогичной аппаратуры, используемой для других целей.

Приемники ЧМ центральных радиостанций обычно представляют собой супергетеродины с одним или двумя каскадами преобразования частоты в зависимости от диапазона волн радиостанций (фиг. 9). Большинство из них имеет один или чаще два каскада усиления высокой частоты (УВЧ), несколько каскадов усиления промежуточной частоты (УПЧ), двухкаскадный ограничитель, иногда специальный подавитель импульсных помех, дискриминатор и один-два каскада усиления низкой частоты (УНЧ). Двойное ограничение обеспечивает постоянство выходного напряжения низкой частоты при колебаниях входного напряжения высокой частоты в пределах примерно от 1 *мкв* до 1 *в*. При-

емники делают на одну-две и реже большее число жестко фиксированных волн. Для получения высокой стабильности частоты первого гетеродина его стабилизируют кварцем, иногда помещаемым в термостат. С этой же целью применяют кварцы на сравнительно низкие частоты, а затем производят соответствующее умножение частоты. В некоторых конструкциях дискриминатор управляет подстроечным приспособлением, состоящим из особым образом включенной реактивной лампы, которая, воздействуя на первый гетеродин, подстраивает его в случае образования разности



Фиг. 9. Блок-схема ЧМ приемника центральной радиостанции.

1 — усилитель высокой частоты; *2* — первый преобразователь; *3* — усилитель первой промежуточной частоты; *4* — второй преобразователь; *5* — усилитель второй промежуточной частоты, *6* — первый ограничитель; *7*—второй ограничитель, *8*—детектор *9* — первый каскад усиления низкой частоты; *10* — второй каскад усиления низкой частоты с полосовым фильтром, *11* — оконечный каскад усиления низкой частоты, *12* — удвоитель, *13* — гетеродин, стабилизированный кварцем, *14* — устройство приема вызова, *15* — громкоговоритель.

между частотами настройки приемника и принимаемого сигнала.

В приемниках с однократным преобразованием промежуточную частоту выбирают (в зависимости от длин рабочих волн) в диапазоне 2—5 *мггц* и реже выше. При двукратном преобразовании первую промежуточную частоту берут порядка 12—24 *мггц,* а вторую—порядка 1,5—3 *мггц.* Усиление промежуточной частоты осуществляют в первом случае трех-четырехкаскадным усилителем, а во втором случае первую промежуточную частоту — одно-двухкаскадным и вторую частоту — двух-трехкаскадным усилителями. Двукратное преобразование применяют главным образом при длинах рабочих волн радиостанций меньше 3—2,5 *м* (100—120 *мггц*).

Большинство приемников, работающих в диапазоне 75—150 *мггц*, имеет следующие характеристики: чувстви-

тельность — не хуже 0,5—1,5 *мкв* при девиации частоты от $\pm$ 8—10 *кгц* до $\pm$ 15—25 *кгц* и отношении сигнала с модуляцией к сигналу без модуляции около 10; ширина полосы — порядка 40—80 *кгц* при ослаблении на 3—6 *дб*; ослабление паразитных частот — не менее 60—65 *дб* в зависимости от рабочей частоты; максимальная неравномерность частотной характеристики звукового тракта в диапазоне 300—3 000 *гц* — порядка 3—6 *дб*; мощность — около 1 *вт*.

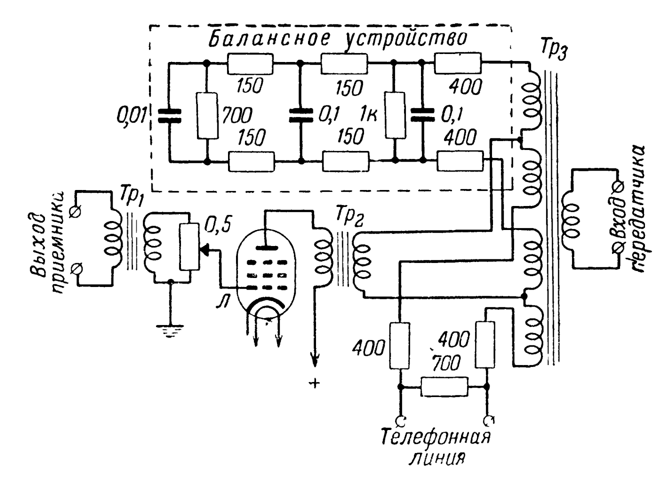
Для экономии питания дискриминаторы многих приемников собраны на германиемых диодах, позволяющих получить крутизну 0,17—0,25 *в/кгц*. С этой же целью при дежурном приеме низкочастотная часть приемников отключается специальным реле, которое оставляет включенным только блок приема вызывных сигналов. Подобное устройство делается на многих радиостанциях, так как дает возможность при отсутствии переговоров выключать громкоговоритель и тем самым не отвлекать внимания операторов различными шумами, не выключая самого приемника, который постоянно готов к действию, т. е. приему вызывного сигнала.

С целью унификации аппаратуры приемники стационарных и подвижных станций, как правило, делают однотипными и отличаются они главным образом системой питания. В приемниках применяют лампы типов 6Ж4, 6Ж3П, 6Ж2П, 6Ж4П, 6Ж1П и др. Иногда приемники собирают из отдельных узлов, выполненных в виде легко заменяемых блоков и размещаемых на одном шасси с выпрямителем или вибропреобразователем.

Радиостанции, предназначенные для связи абонентов телефонных станций с подвижными объектами, кроме обычной аппаратуры имеют, как указывалось выше, переходные устройства, позволяющие соединять радиоканалы с телефонными линиями. При наличии местного коммутатора системы МБ и аппаратуры для симплексной связи они состоят из обычного переходного (линейного) трансформатора, системы реле и ключей для подключения телефонных линий к радиоканалу. В системах полудуплексной или дуплексной связи эти устройства значительно сложнее, так как осуществляют переход с двухпроводной линии АТС или РТС на четырехпроводную — радиоканалы (фиг. 10).

Оконечными приборами на радиостанциях являются динамические микрофоны и громкоговорители или микротелефонные трубки с клапаном.

Для управления аппаратурой и связи с подвижными радиостанциями и абонентами АТС или РТС на пультах центральных радиостанций в зависимости от их назначения устанавливают ключи или кнопки дистанционного включения и выключения передатчика, приемников (в том числе и вынесенных), ретрансляторов, ключи соединения с прямыми телефонными линиями, номеронабиратель АТС и ключи соединения радиоканалов с линиями АТС или РТС, контрольно-измерительные приборы, сигнальные лампочки,



Фиг. 10. Схема переходного устройства для соединения двухпроводных телефонных линий с радиоканалами.

Л — лампа усилителя низкой частоты; $Тр_1$ — входной трансформатор; $Тр_2$ — выходной трансформатор; $Тр_3$ — балансный трансформатор.

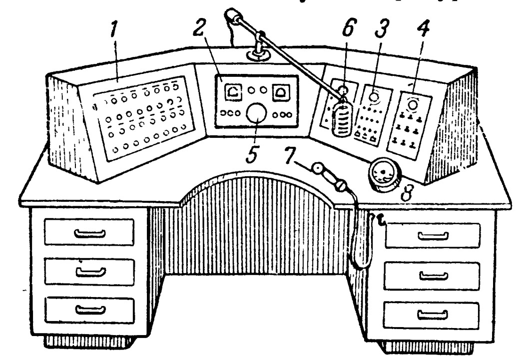
кнопки или ключи вызова подвижных радиостанций и индикаторы вызова радиоканалов и проводных линий. В многоканальных системах, кроме того, устанавливают переключатели каналов.

Общий вид пульта управления крупной центральной радиостанции подвижной связи изображен на фиг. 11.

Подвижные радиостанции. Предназначенные для установки на судах, в автомашинах и т. п. радиостанции состоят из следующих основных узлов: 1) передатчика и приемника, в симплексных радиостанциях, объединенных в одно целое — приемо-передатчик; 2) антенного устройства; 3) устройства приема и посылки вызова; 4) пульта управления; 5) электросилового устройства. Дуплексные радиостанции отличаются от симплексных наличием раздельных

приемника и передатчика, более сложным антенным устройством и мощным электросиловым агрегатом (фиг. 12).

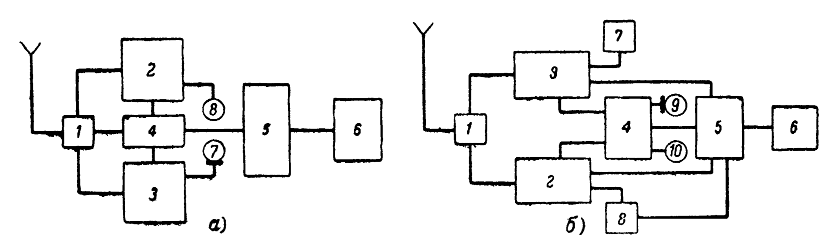
Очень часто подвижные радиостанции являются единственным видом связи. Поэтому аппаратура подвижной



Фиг. 11. Пульт управления крупной центральной радиостанции дуплексной системы.

1 — кнопки вызова подвижных радиостанций; 2—контрольно-измерительные приборы; 3 — коммутатор местной связи; 4 — контрольно-измерительный щиток; 5 — громкоговоритель; 6 — микрофон; 7 — микротелефонная трубка; 8 — номеронабиратель АТС.

станции должна быть всегда готова к действию и рассчитана на длительную непрерывную работу. С этой целью, а также для устранения воспроизводимых громкоговорите-



Фиг. 12. Блок-схемы подвижных радиостанций.

а — симплексная радиостанция (1 — антенное реле; 2 — приемник; 3 — передатчик; 4 — пульт управления; 5 — вибропреобразователи, 6 — аккумулятор 7 — микрофон; 8 — телефон); б — дуплексная радиостанция (1 — антенный фильтр 2 — приемник; 3 — передатчик; 4 — пульт управления, 5 — вибропреобразователи; 6 — аккумулятор; 7 — устройство посылки вызова; 8 — устройство приема вызова; 9 — микрофон; 10 — телефон).

лем шумов при переговорах радиоцентра с другими радиостанциями, отвлекающих внимание оператора шумов во время пауз, и для уменьшения токопотребления в подвижных радиостанциях обычно предусматриваются три режима

работы: а) режим дежурного приема; б) режим переговоров или рабочий режим: в) режим передачи.

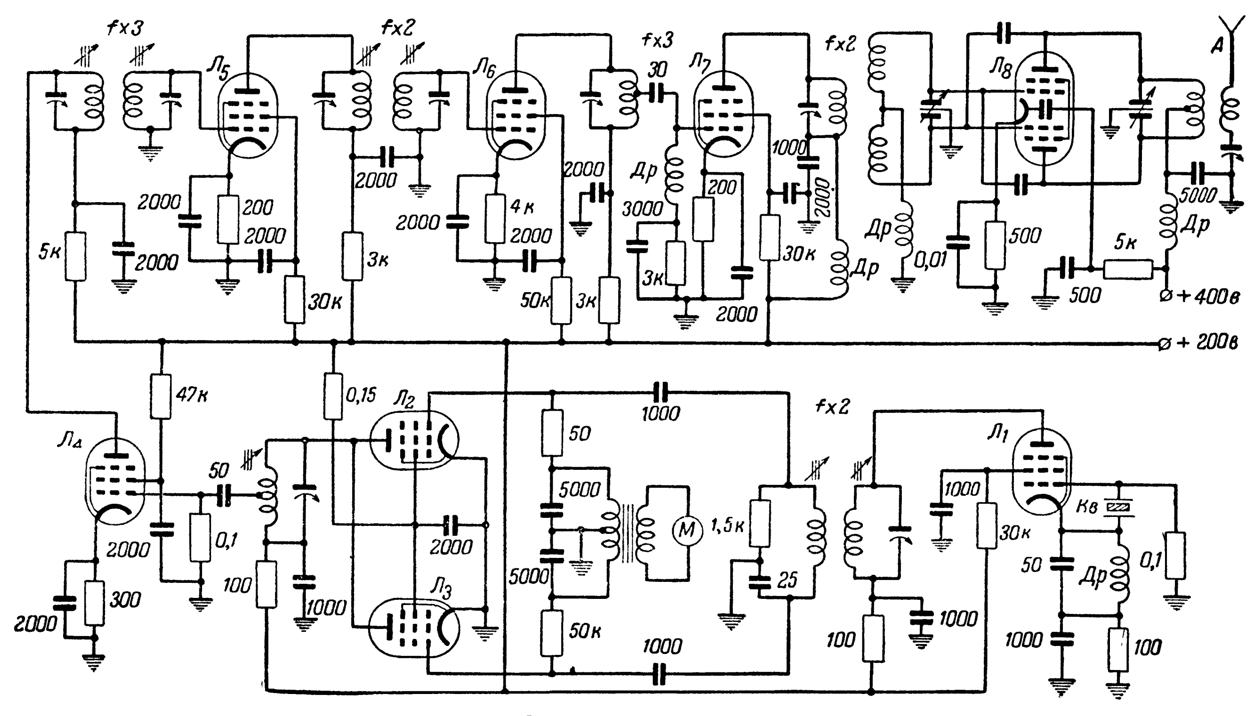
В режиме дежурного приема включены только высокочастотная часть приемника, дискриминатор, иногда один каскад УНЧ, принимающее вызов устройство и тот или иной индикатор вызова. Все остальные цепи, в том числе оконечные устройства, выключены. Токопотребление радиостанции в этом режиме минимальное (2—6 *а* при напряжении питания соответственно 12—6 *в*).

В режиме переговоров дополнительно включаются накал ламп передатчика, все каскады УНЧ, громкоговоритель или телефон и подается питание на микрофон (или его усилитель). Расход тока при этом увеличивается примерно вдвое.

В режиме передачи в симплексных станциях с лампами косвенного накала выключается анодное напряжение приемника и включается анодное напряжение передатчика; если лампы в приемнике прямого накала, то одновременно рвется их цепь накала. Расход тока при этом несколько выше, чем в предыдущем случае. В дуплексных радиостанциях работают приемник, все прочие блоки и передатчик, поэтому токопотребление в этом случае значительно увеличивается; в зависимости от мощности, типа аппаратуры и напряжения источников питания расход тока достигает 15—25 *а*.

Передатчики подвижных радиостанций (фиг. 13) в зависимости от их назначения имеют мощность от 8—10 до 30 *вт*, преимущественно частотную модуляцию и, как было уже сказано, мало отличаются от передатчиков, применяемых в стационарных радиостанциях. Там, где источниками питания служат аккумуляторы небольшой емкости (50—60 *ач*), мощность передатчиков ограничивают до 15—20 *вт*, так как в противном случае емкость аккумуляторов не обеспечит продолжительной работы радиостанции (например, УКВ радиостанция с передатчиком в 20 *вт* при работе на передачу потребляет от аккумулятора ток около 25 *а*).

В некоторых зарубежных типовых радиостанциях из-за стремления унифицировать аппаратуру передатчики в диапазоне 140—180 *мггц* имеют мощность 8—10 *вт*, а в диапазоне 30—50 *мггц* — порядка 15—18 *вт*, так как при одинаковых схеме, лампах и питающем устройстве, как известно, нельзя получить одинаковой мощности на разных частотах. Учитывая, что на сравнительно высоких частотах уровень помех меньше и что для этих частот легче сделать высоко-



Фиг. 13. Примерная схема ЧМ передатчика подвижной радиостанции.

$Л_1$ (6Ж3П) — задающий генератор и удвоитель; $Л_2$ и $Л_3$ (6Ж3П или 6Ж1П) — балансный модулятор; $Л_4$ (6Ж3П) — утроитель; $Л_5$ (6Ж3П) — удвоитель; $Л_6$ (6Ж3П) — утроитель; $Л_7$ (12Ж1Л или две 6Н15П) — удвоитель; $Л_8$ (ГУ-32) — оконечный усилитель.

эффективные антенны, некоторое уменьшение мощности передатчиков на указанных частотах незначительно влияет на дальность и качество связи.

Подвижные радиостанции, предназначаемые для работы в промышленных центрах, в условиях, где густо застроенная местность с обилием всевозможных металлических конструкций вызывает значительное рассеивание и поглощение электромагнитной энергии, имеют мощность порядка 10—15 *вт* в диапазоне выше 100 *мггц* и 20—25 *вт* при работе на более низких частотах. При организации связи в небольших городах и сельской местности для получения тех же результатов мощность радиостанций может быть уменьшена в 2—3 раза.

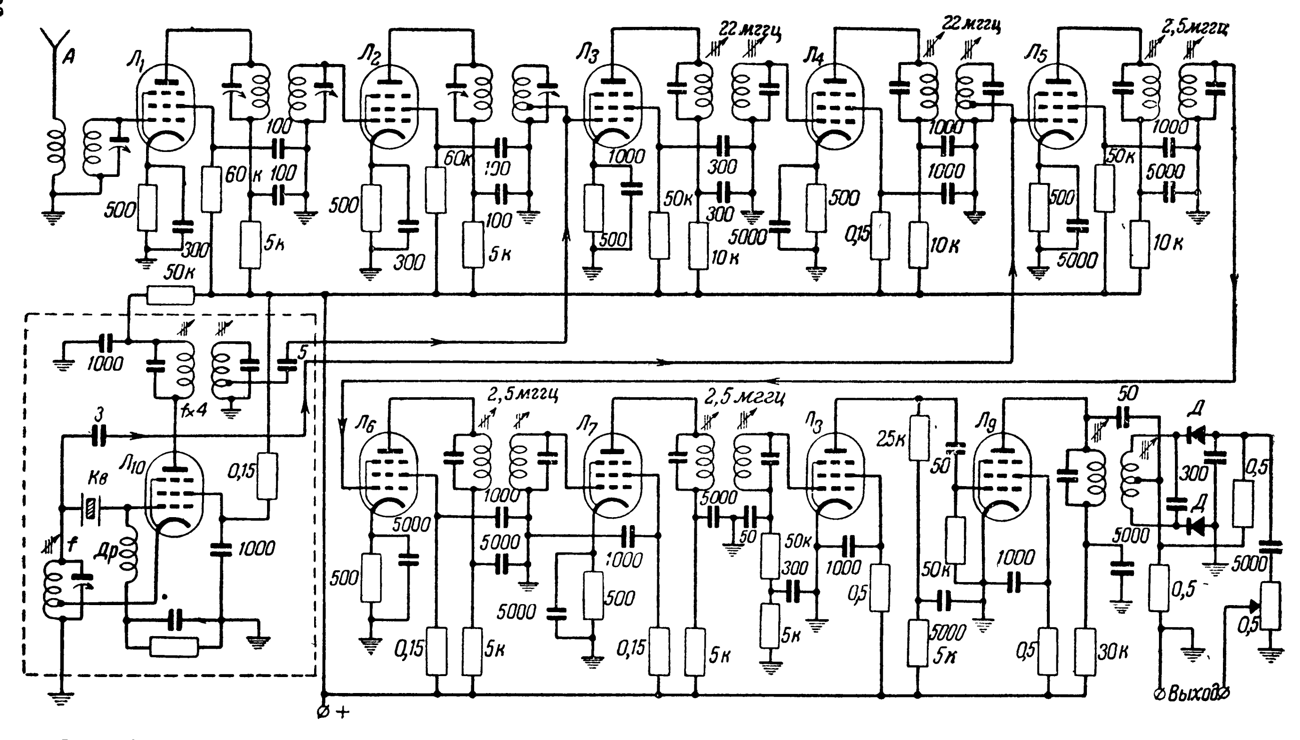
Передатчики, как правило, имеют кварцевую и реже параметрическую стабилизацию частоты, шесть — десять радиоламп и работают на одной-двух или нескольких фиксированных волнах. Другие данные аппаратуры аналогичны приведенным выше.

Менее мощные симплексные радиостанции с АМ иногда выполняют по так называемой трансcиверной схеме, когда одни и те же детали и лампы попеременно используются в схемах передатчика и приемника.

Подвижные радиостанции снабжаются многоламповыми супергетеродинными приемниками чувствительностью не хуже 1—2 *мкв* и мощностью на выходе порядка 0,25—1 *вт*. Они имеют одну-две (редко больше) жестко фиксированных волны, работают на 6-вольтовых или 12-вольтовых, обычно миниатюрных лампах с косвенным накалом и принципиально не отличаются от приемников стационарных радиостанций (фиг. 14).

Чтобы ослабить климатические воздействия на приемники и на передатчики, принимают специальные меры, обеспечивающие устойчивость их работы во всяких условиях. К этим мерам относятся исключение алюминия и некоторых его сплавов для изготовления шасси, применение антикоррозийных покрытий, специальных герметизированных конденсаторов и сопротивлений, покрытие и пропитка бакелитовыми и полистирольными лаками обмоток трансформаторов, дросселей, реле и др.

Для сокращения расхода электроэнергии, что в подвижных радиостанциях имеет особо важное значение, ламповые диоды в приемниках стараются заменить германиевыми, а схему выполняют таким образом, что во время отсутствия переговоров, т. е. во время дежурного приема,



Фиг. 14. Типичная схема ЧМ приемника подвижной радиостанции с двойным преобразованием частоты.

Л$_1$ и Л$_2$ (6Ж1П) — каскады высокой частоты, Л$_3$ (6Ж1П) — преобразователь первой промежуточной частоты; Л$_5$ (6Ж1П) — преобразователь промежуточной частоты, Л$_4$, Л$_6$, Л$_7$, Л$_8$ и Л$_9$ (6Ж1П) — каскады промежуточной частоты, Л$_{10}$ (6Ж3П) —

работают лишь высокочастотная часть приемника и включенное после детектора вызывное устройство. С этой же целью некоторые приемники делают на экономичных лампах с непосредственным накалом. Количество радиоламп в приемниках может быть от 8 до 13.

В симплексных радиостанциях, имеющих конструктивно объединенные приемник и передатчик, часть схемы приемника, как, например, оконечные каскады УНЧ, иногда используют в качестве модулятора передатчика. Остальные их данные те же, что у стационарных приемников.

Независимо от вида связи на подвижных объектах устанавливают только одну антенну, которая служит и для приема и для передачи сигналов. Для переключения антенны с приема на передачу и обратно в симплексных радиостанциях применяют антенные реле специальной конструкции. В радиостанциях, предназначенных для работы дуплексом, прием производят на «горячую антенну», т. е. на антенну, находящуюся под напряжением высокой частоты, для чего между приемником и антенной устанавливают фильтры-пробки и принимают другие меры, чтобы не допустить воздействия своего передатчика на приемник.

Более подробно об антеннах подвижных радиостанций говорится ниже (стр. 71).

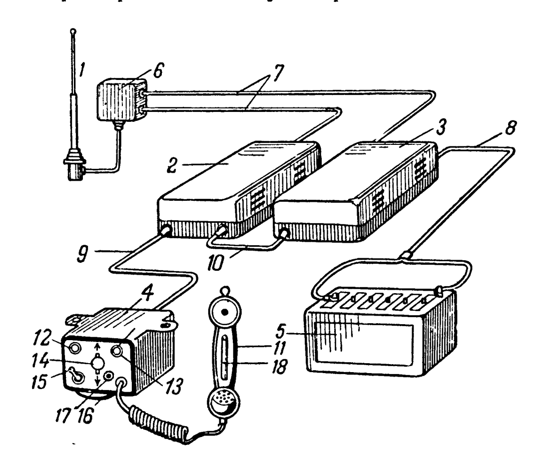
Конструкция пультов управления подвижных радиостанций зависит от назначения и места установки станции. На пульте управления помещают выключатель или переключатель режимов радиостанции, регулятор громкости приемника и индикатор вызывного сигнала (фиг. 15).

В радиостанциях с несколькими фиксированными волнами на пульте добавляют еще переключатель волн. Приемопередатчики, смонтированные на одном шасси, отдельного пульта управления не имеют и их органы управления выведены непосредственно на переднюю панель радиостанции. В качестве оконечных устройств используют микротелефонные трубки с клапаном (тангентой) или отдельные микрофон и динамический громкоговоритель, монтируемые рядом с местом оператора. Включение передатчика осуществляется упомянутым клапаном или кнопкой на микрофоне.

Применение отдельных микрофона и громкоговорителя удобно в том случае, когда по условиям работы руки оператора не должны быть заняты. В этом случае микрофон может быть укреплен жестко, а включение передатчика может производиться, например, ножной педалью. В симплексных радиостанциях указанными кнопками или педалями радио-

станцию переключают с приема на передачу, а в дуплексных включают только передатчик (подают на него высокое напряжение).

Вызывные системы. В случае коротковолновых радиостанций связь между ними обычно осуществляется в строго определенное согласно расписанию время и вызов корреспондентов производят либо незатухающими, либо тональными сигналами (либо просто голосом). Вызов принимается оператором на слух при помощи телефонов или громко-



1 — антенна, *2* — приемник с вызывным устройством и вибропреобразователем; *3* — передатчик с вибропреобразователем, *4* — пульт управления; *5* — аккумулятор; *6* — антенный фильтр (трансформатор), *7* — высокочастотные кабели, *8* — провода питания; *9* — соединительный многожильный кабель; *10* — перемычка; *11* — микротелефонная трубка; *12* — вызывная индикаторная лампочка; *13* — индикатор включения радиостанции; *14* — переключатель режимов работы; *15* — выключатель; *16* — звонок; *17* — кнопка вызова; *18* — тангента (*клапан*).

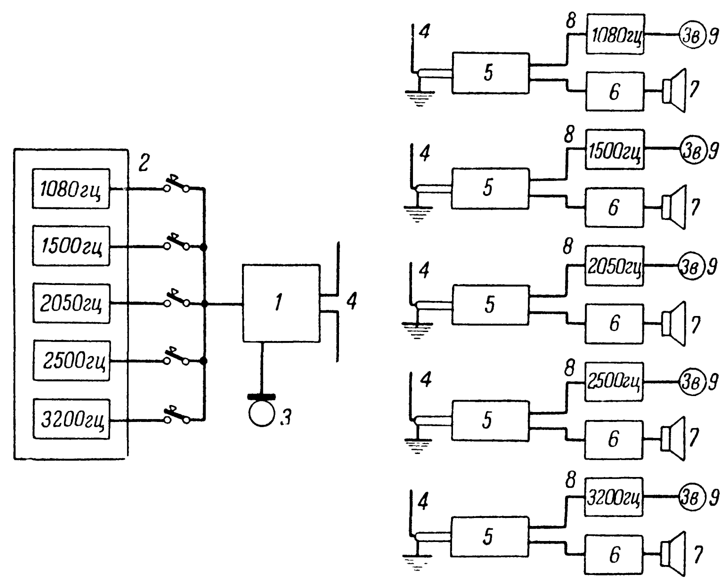
Фиг. 15. Подвижная радиостанция и органы ее управления.

говорителей. Поскольку подвижные радиостанции, заменяющие проводную телефонную связь, должны быть постоянно готовы к приему вызова и обращение с ними не должно существенно отличаться от обращения с обычными телефонными аппаратами, порядок их работы и вызов происходят иначе.

Большинство подвижных радиостанций снабжено устройствами, позволяющими осуществлять избирательный вызов. Применение этих устройств дает возможность: 1) вызвать любую подвижную радиостанцию отдельно, не мешая при этом всем остальным, работающим на той же волне; 2) устранить мешающие шумы, обычно слышимые в громкоговорителе или в телефонах при дежурном приеме; 3) освободиться от помех при переговорах центральной радиостанции с другими подвижными радиостанциями. Кроме того, в некоторых вызывных системах предусмотрены фи-

ксация вызывного сигнала и индикация занятости радиоканалов.

Существуют самые разнообразные конструкции вызывных устройств, представляющие собой часто довольно сложные электрические или электромеханические системы. Одной из наиболее простых является система с частотной селекцией, состоящая из звукового генератора с одной или



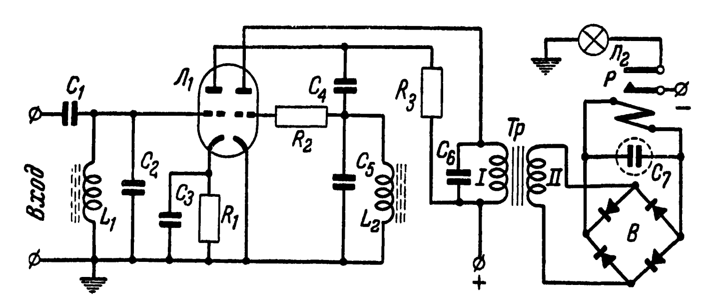
Фиг. 16. Блок-схема системы избирательного вызова с частотной селекцией.

1 — центральная радиостанция; *2* — блок посылки вызывных частот (звуковые генераторы), *3* — микрофон; *4* — антенны; *5* — подвижные радиостанции; *6* — усилители низкой частоты, *7* — громкоговорители; *8* — усилители с узкополосными фильтрами; *9* — звонки (индикаторы вызова).

несколькими жестко фиксированными частотами, устанавливаемого на одном конце линии связи, и специальных узкополосных УНЧ с индикаторами вызова на выходе — на другом конце (фиг. 16). При помощи этого генератора, модулирующего передатчик центральной радиостанции, посылают вызывной сигнал той или иной частоты, принимаемый приемниками подвижных радиостанций. При совпадении настройки усилителя подвижной радиостанции с частотой принятого сигнала последний усиливается и заставляет срабатывать индикатор вызова. Таким образом, посылая с центральной радиостанции вызывные сигналы различных

частот и снабдив подвижные радиостанции узкополосными УНЧ, каждый из которых настроен на одну определенную, присвоенную только данной радиостанции частоту, можно вызывать нужную радиостанцию, не мешая при этом всем остальным, несущим дежурство на той же волне.

В качестве индикатора вызова используют лампочку, зажигающуюся при вызове, звонок, зуммер или тональный сигнал, воспроизводимый громкоговорителем. С целью уменьшения расхода энергии при несении дежурного приема основной УНЧ приемника радиостанции, как уже упо-



Фиг. 17. Схема простого узкополосного усилителя с резонансными контурами и индикатором вызова.

C_1 и C_4 — 1 500 *пф*, C_2 и C_5 — 5 000 ÷ 15 000 *пф*, C_3 — 20 *мкф*, C_6 — 1 000 ÷ 5 000 *пф*; C_7 — 500 ÷ 700 *мкф*, R_1 — 1,5 ÷ 2 *ком*, R_2 — 50 ÷ 100 *ком*, R_3 — 50 ÷ 80 *ком*, $Л_1$—6Н8С или 6Н15П, $Л_2$ — сигнальная лампочка или звонок, P — реле типа 70 или 100, B—селеновый выпрямитель (по одной шайбе в плече); L_1 и L_2 — катушки (по 2×1 600 витков провода ПЭШО 0,18) с альсиферовыми сердечниками ТЧ-60, *Тр* — трансформатор с сердечником из пластин Ш-11, обмоткой *I* из 7 000 витков провода ПЭЛ 0,08 и обмоткой *II* из 2 000 витков ПЭЛ 0,18

миналось выше, выключают, а узкополосный усилитель иногда выполняют на экономичных лампах.

Чтобы можно было отлучиться от включенной на дежурный прием радиостанции и в то же время не пропустить вызов, включающее индикатор вызова реле делают самоблокирующимся. При включении передатчика радиостанции для ответа цепь блокировки разрывается специальной кнопкой или автоматически. Для предотвращения срабатывания реле от помех параллельно его обмоткам включают электролитический конденсатор емкостью в несколько сот микрофарад, который делает реле малочувствительным к кратковременным помехам, в частности к помехам, производимым системами зажигания двигателей внутреннего сгорания и телеграфными радиостанциями. Примерная схема устройства приема вызова показана на фиг. 17. Устройство работает следующим образом. Приня-

тые приемником вызывные сигналы после детекторной лампы поступают на вход узкополосного усилителя, настроенного на частоту, присвоенную данной радиостанции. Если принятые сигналы соответствуют настройке усилителя, то они усиливаются, затем поступают на селеновый выпрямитель *В*, выпрямляются им и заставляют срабатывать реле *Р*, включающее индикаторную лампочку $Л_2$ или звонок. Горение лампочки или работа звонка продолжаются до тех пор, пока не прекратится посылка вызывного сигнала. Для четкой работы вызывного устройства необходимо, чтобы полоса пропускания усилителя была достаточно узкой, звуковые генераторы — стабильными, а вызывные частоты отстояли сравнительно далеко друг от друга. Высокая стабильность звуковых генераторов обеспечивается применением специальных схем и высококачественных деталей. Наиболее широкое применение для этих целей получили схемы генераторов типа RC.

Вызывные частоты выбирают с таким расчетом, чтобы высшие гармоники наиболее низких частот не совпадали по своему значению с более высокими вызывными частотами, так как в противном случае сигналы будут проходить одновременно и на другие радиостанции. В качестве вызывных обычно используют звуковые частоты в диапазоне от 1 000 до 3 000 *гц*.

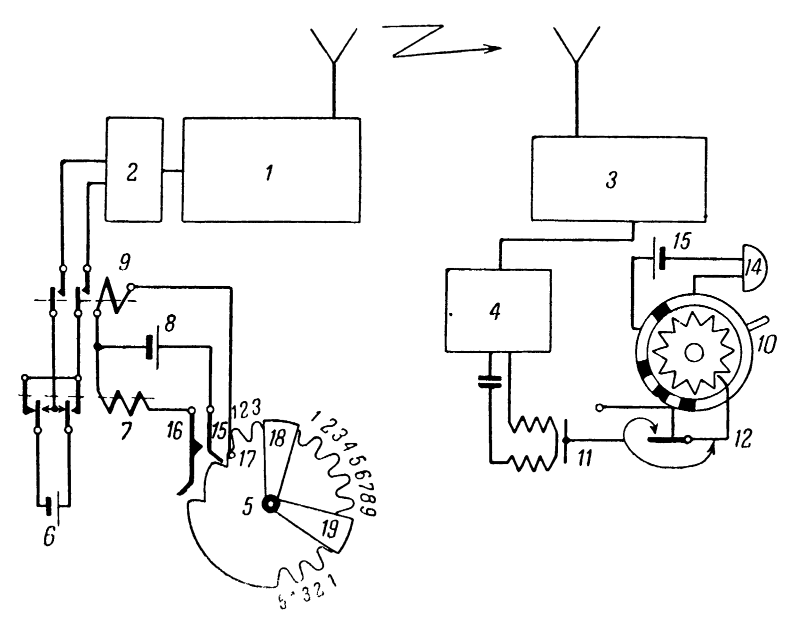
При конструировании узкополосных усилителей особо высокие требования предъявляются к качеству катушек индуктивностей, стоящих в контурах и фильтрах, в связи с тем, что полоса пропускания этих усилителей, как правило, не должна превышать величины 50—100 *гц*. Так как полоса пропускания зависит от добротности контуров, то трансформаторы и дроссели усилителей мотают на специальных тороидальных альсиферовых или других ферритовых сердечниках, позволяющих получить высокую добротность контуров на этих частотах.

В некоторых системах с целью повышения помехоустойчивости применяют резонансные реле, имеющие полосу пропускания всего лишь в несколько герц. С этой же целью иногда применяют специальные схемы усилителей с обратной связью.

Центральную радиостанцию все подвижные радиостанции обычно вызывают на одной и той же частоте, поэтому оператор центральной радиостанции должен спрашивать их номера или позывные. Техника посылки вызовов подвиж-

ными радиостанциями и приема их радиоцентром не отличается от описанной выше.

Имеются системы с избирательными вызовами в обоих направлениях. Однако при наличии на центральной радиостанции дежурного оператора вызванное таким устройством усложнение аппаратуры не оправдывается, так как это удорожает ее стоимость и усложняет эксплуатацию.



Фиг. 18. Блок-схема импульсно-кодовой системы избирательного вызова.

1 — передатчик центральной радиостанции, 2 — блок посылки вызывных частот; 3 — приемник подвижной радиостанции; 4 — блок приема вызывных сигналов (узкополосный усилитель); 5 — селекторный ключ (кодовый диск); 6 — батарея питания станции; 7 — реле-переключатель; 8 — местная батарея; 9 — управляющее реле; 10 — кодовое колесо селектора; 11 — поляризованное реле; 12 — реле селектора; 13 — батарея; 14 — индикатор вызова, 15 — пружина; 16 и 17 — контакты; 18 и 19 — секторы деления импульсов на группы.

Помимо частотной селекции, для избирательного вызова применяют импульсно-кодовое устройство, аналогичное используемым в проводной селекторной связи (фиг. 18). В данном случае вызов осуществляется при помощи звуковых частот и электромеханических приборов. С этой целью на центральной радиостанции, помимо звуковых генераторов, устанавливают приборы — ключи для посылки различных комбинаций импульсов, а на всех подвижных радио-

станциях на выходе узкополосных усилителей — приемники селекторного вызова (селекторы).

Принцип действия такой вызывной системы состоит в передаче центральной радиостанцией при помощи указанных приборов серии тональных импульсов, преобразуемых на стороне приема в импульсы постоянного тока, воздействующие на селектор, который заставляет срабатывать тот или иной индикатор вызова (звонок, лампочку и т. п.). Обычные селекторные ключи позволяют посылать до 19 импульсов, из которых 17 являются рабочими и 2 — вспомогательными. Рабочие импульсы разбиваются на три группы. Сочетание из этих групп дает возможность получить до 78 различных комбинаций настройки селекторов и, следовательно, раздельный вызов такого же числа подвижных радиостанций на каждой вызывной частоте. Вспомогательные импульсы служат для включения передатчика радиостанции и для отбоя.

Селектор состоит из двух электромагнитов с якорем и механизма с кодовым колесом, имеющим три штифта, при помощи которых его настраивают на определенную комбинацию вызывных импульсов. Кроме того, это колесо снабжено контактом для замыкания цепи индикатора вызова. Механизм и кодовое колесо приводятся во вращательное движение при помощи якоря поляризованного реле, на которое воздействуют импульсы постоянного тока, получившиеся в результате выпрямления тока вызывной (звуковой) частоты. Посылка вызова с радиоцентра производится поворотом рукоятки ключа на 90° и отпусканием ее; при этом заводится пружина часового механизма (имеются два вида ключей: индивидуальные и универсальные; индивидуальными ключами можно посылать только одну комбинацию импульсов, а универсальными — несколько). Раскручиваясь, пружина приводит в действие кодовый диск *5* (фиг. 18), который в течение 7—8 сек. делает полный оборот. Во время вращения диска пружина *15* выходит из углубления на диске и скользит по его поверхности. Когда пружина проходит по зубцам или впадинам диска, она замыкает или размыкает контакты *16* и *17*, которые в свою очередь замыкают или размыкают цепь звукового генератора, модулирующего передатчик радиостанции. Во время скольжения пружины по секторам *18* и *19* получается пауза, разделяющая импульсы на группы. Так, например, на фиг. 18 показана настройка кодового ключа (диска) на комбинацию импульсов 3—9—5.

Указанная система вызова более помехоустойчива, но вместе с тем и более сложна в эксплуатации, так как наличие вращающихся механизмов требует повседневного наблюдения за их работой.

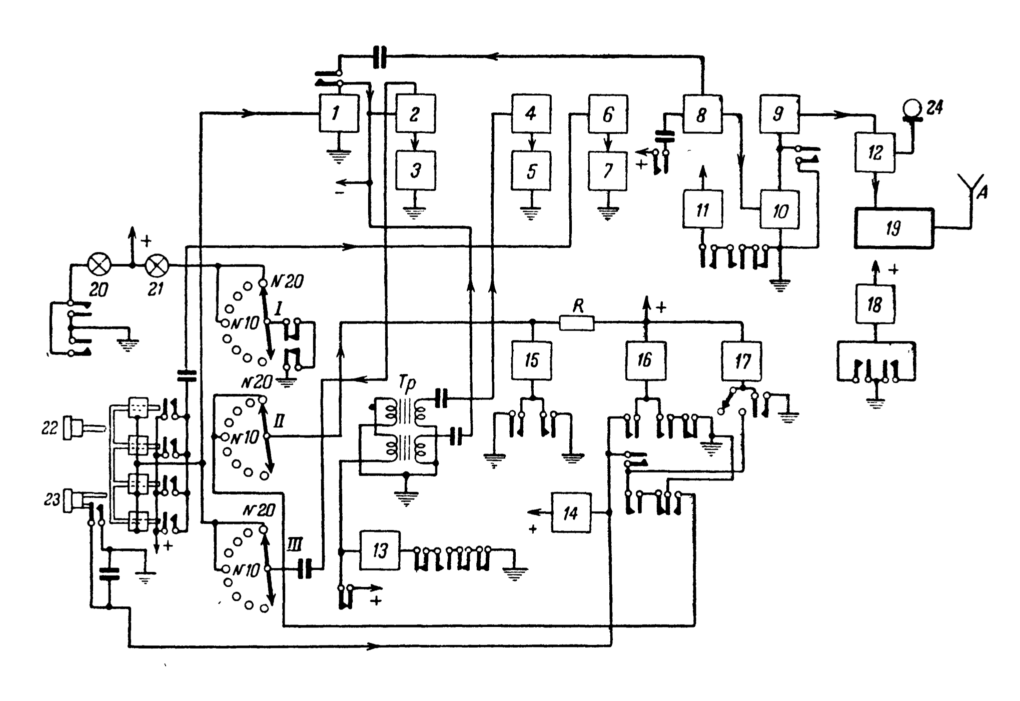
Вызов центральной радиостанции осуществляется так же, как и в предыдущей системе, т. е. при помощи тонального сигнала.

Следующей системой избирательного вызова является система взаимоизбирательного группового вызова, разработанная для железнодорожных радиостанций типа ЖР-1, используемых для связи дежурных и диспетчеров станций с машинистами поездных паровозов. Эта система работает по принципу частотной, временной и амплитудной селекции. Вызов радиостанций в этом устройстве осуществляется посылкой центральной радиостанцией одной звуковой частоты, одинаковой для всех подвижных радиостанций сети. Принятый приемником подвижной радиостанции вызывной сигнал заставляет срабатывать реле, включающее громкоговоритель, в результате чего оператор слышит сначала тональный сигнал, а затем номер вызываемой радиостанции. Вызываемая подвижная радиостанция вступает в переговоры, а остальные автоматически отключаются и переводятся на дежурный прием. Центральная радиостанция вызывается аналогичным путем, только на другой частоте. Такая система вызова менее удобна, так как вызов одной радиостанции отвлекает внимание операторов всех остальных.

Еще одной системой избирательного вызова является тоже импульсно-кодовая система, но более сложной конструкции. В ней используются принципы, применяемые в декадно-шаговых АТС и подробно описанные в литературе, посвященной вопросам автоматической телефонии. Схемы таких устройств, устанавливаемых на центральных и подвижных радиостанциях, приведены на фиг. 19 и 20.

Эта система позволяет производить раздельный вызов до 120 радиостанций на одной вызывной частоте. Количество раздельных вызовов (число комбинаций импульсов) зависит от числа шаговых распределителей-искателей. Так, например, при трех искателях можно получить 37 раздельных вызовов, при четырех — 84, при пяти — 126.

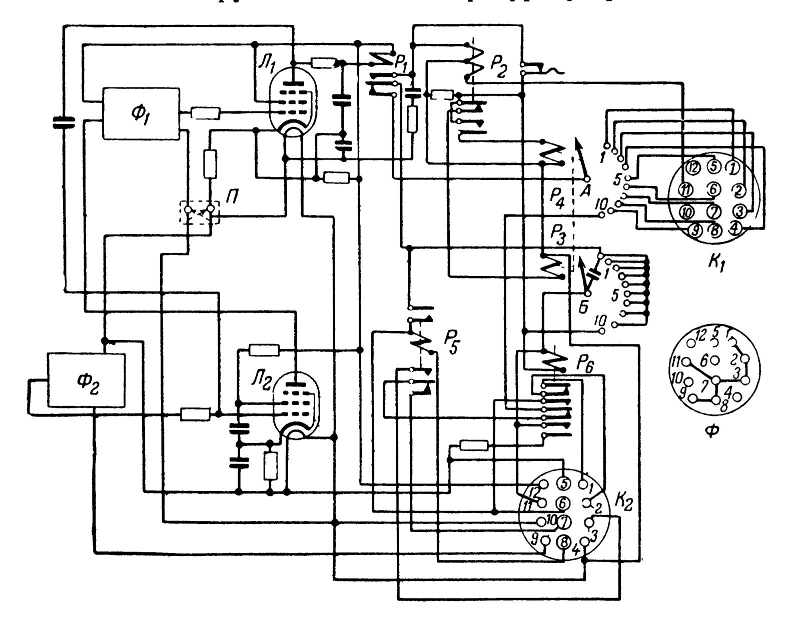
Вызов подвижных радиостанций осуществляется либо нажатием кнопки (число кнопок соответствует числу раздельно вызываемых радиостанций), либо набором номера наборным диском на пульте (каждая из кнопок имеет свой



Фиг. 19. Блок-схема устройства посылки избирательного вызова шаговой системы центральной радиостанции.

1 — генератор; *2*—устройство посылки вызывных комбинаций; *3* — реле посылки; *4* — манипуляционный генератор на 20 *гц*; *5* — реле манипуляционного генератора; *6* — манипулятор задержки времени; *7*—реле управления манипулятором задержки; *8* — генератор импульсов; *9* — генератор звуковой частоты на 3,5 *кгц*; *10*— тон-манипулятор; *11* — пусковое реле-датчик; *12* — преобразователь; *13* — вращающийся магнит; *14* — пусковое возвратное реле; *15* — кодовое стартостопное реле; *16*—возвратное кодовое реле; *17* — поляризованное реле (дуплексное); *18* — реле включения передатчика; *19*— передатчик; *20* — индикатор „передатчик включен"; *21* — индикатор вызова; *22*—кнопка общего вызова; *23* — возвратная (выключающая) кнопка; *24* — микрофон, *I*, *II* и *III* — шаговые распределители (вращающиеся ступенчатые переключатели), управляемые кнопками, расположенными на пульте.

номер, соответствующий номеру вызываемой радиостанции). Индикатором вызова в подвижных радиостанциях служит сигнальная лампочка или электрический звонок, а иногда то и другое вместе. Аппаратура устроена так, что



Фиг. 20. Блок-схема устройства приема избирательного вызова шаговой системы подвижной радиостанции.

$Ф_1$ — сложный полосовой фильтр на частоту 3 500 *гц*, $Ф_2$ — узкополосный фильтр на частоту 3 500 *гц*; $Л_1$ — лампа детектора импульсов (6Ж3П), $Л_2$ — лампа усилителя-ограничителя (6Ж1П); *Ф* — фишка для установки кодовых комбинаций (установлена на набор 4114); $К_1$—колодка с гнездами для включения фишки *Ф*; $К_2$—колодка, при помощи которой блок соединяется с другими цепями радиостанции, $Р_1$ — импульсное реле; $Р_2$ — пусковое реле; $Р_3$ и $Р_4$ — реле искателей (шаговых распределителей *А* и *Б*); $Р_5$ — сигнальное реле; $Р_6$ — реле занятости и выключения передатчика; *П* — переключатель питания (сеть — аккумуляторы).

Контакты колодки $К_2$: *1* и *2* — к концам кнопки включения передатчика на микрофоне; *3* — „холодный“ конец цепи звонка; *4* — „горячий“ конец аккумулятора, *5* — общий минус или плюс (в зависимости от системы питания); *6* — „холодный“ конец цепи сигнальной лампочки вызова; *7* — цепь громкоговорителя; *8* — к переключателю режима работы, *9* — выход приемника (после детектора); *10*—6 *в*, подаваемые при питании радиостанции от сети переменного тока (подается от силового блока), *11* — „холодный“ конец индикатора занятости; *12* — + 180 — 200 *в* от источника высокого напряжения.

реле, включающее индикатор, при получении вызывного сигнала блокируется и индикатор остается включенным, пока не будет дан ответ на вызов.

Предусмотрен и индикатор занятости каналов, который действует так, что при переговорах центральной радиостанции с одной из подвижных станций на всех остальных за-

гораются специальные лампочки, указывающие на то, что канал занят. В некоторых системах одновременно с этим блокируются передатчики подвижных радиостанций, не участвующих в переговорах, — они автоматически выключаются до окончания переговоров.

В случае необходимости срочного вызова на таких радиостанциях предусмотрены аварийные кнопки, выключающие систему блокировки и позволяющие вызвать радиоцентр в любой момент. Вызывное устройство может быть также выключено, и радиостанция может работать обычным порядком.

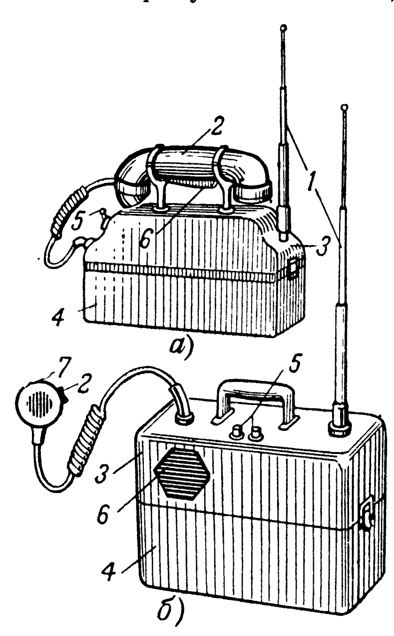
Устройство приема вызова подвижной радиостанции включается непосредственно после детектора приемника радиостанции, поэтому низкочастотная часть последнего при дежурном приеме выключается. Состоит это устройство из одного блока, питающегося от общих с другой аппаратурой источников питания. Соединение блока с приемником производится гибким многожильным кабелем с фишками на концах или специальными переходными муфтами.

Частота кодируемого сигнала для посылки вызова выбирается в диапазоне 3 000—4 000 *гц* (например, 3 500 *гц*), и узкополосные фильтры настраивают на эту частоту. Чтобы приходящие помехи не мешали работе селекторного устройства, фильтры имеют острую резонансную кривую, ослабляющую более чем на 20 *дб* все частоты, отстоящие на 70—75 *гц* от частоты настройки фильтров. Полосовой фильтр $Ф_2$, усилитель-ограничитель $Л_2$ и следующий за ним сложный узкополосный фильтр $Ф_1$ обеспечивают достаточную помехоустойчивость устройства. Электромеханическая селекция начинает действовать после прохождения вызывных сигналов через помехозащитные приспособления, когда они поступают на управляющую сетку лампы $Л_1$ импульсного детектора, заставляя срабатывать реле $Р_1$.

Для нормальной работы устройства достаточно напряжение сигнала звуковой частоты в 1 *в*. Потребляемый им от источников питания ток по накалу составляет примерно 0,5 *а* при напряжении 6—7 *в*, а ток по аноду — около 6 *ма* при напряжении порядка 200 *в*.

Переносные радиостанции. Радиостанции, отнесенные к третьей группе, предназначены, как было уже сказано, для организации временных линий связи дальностью от нескольких сот метров до 8—12 *км* в зависимости от высоты подъема антенн. Благодаря небольшому весу, габаритам и простоте обращения они могут быть использованы повсе-

местно: на стройках, в сельском хозяйстве, на транспорте и т. п. Оборудование этих радиостанций обычно размещено в одной или двух небольших упаковках, удобных для переноски, и не требует какого-либо специального оборудования при установке. Они, как правило, делаются симплексными, с частотной или амплитудной модуляцией, не имеют устройства для избирательного приема вызывных сигналов, с питанием от батарей, аккумуляторов, сети переменного или постоянного тока (фиг. 21).



Фиг. 21. Переносные УКВ радиотелефонные станции.

а — с батарейным питанием и микротелефонной трубкой [*1* — антенна; *2*—микротелефонная трубка; *3*—приемо-передатчик; *4* — батареи; *5* — выключатель радиостанции; *6* — тангента (клапан)]; *б* — с питанием от аккумуляторов и городской сети с отдельными микрофоном и громкоговорителем (*1* — антенна; *2* — кнопка включения передатчика; *3* — приемо-передатчик; *4* — аккумулятор и вибропреобразователь или выпрямитель; *5* — кнопки переключения волн; *6* — громкоговоритель; *7* — микрофон).

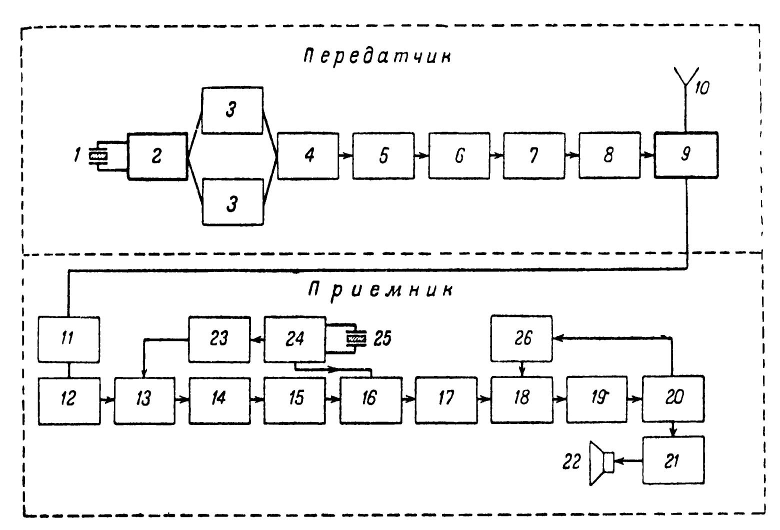
Оконечными устройствами в переносных радиостанциях служат микротелефонная трубка или в более мощных отдельные ручной угольный микрофон и громкоговоритель, вмонтированный в корпус радиостанции. В некоторых типах станций динамический или пьезоэлектрический громкоговоритель используют и в качестве микрофона и, следовательно, отпадает необходимость в отдельном микрофоне.

Антенные устройства радиостанций выполняют в виде свободно стоящего штыря, укрепленного на их корпусе. Часто предусматривается возможность присоединения к аппарату фидера из высокочастотного кабеля для работы на стационарные высокоподнятые антенны.

Для придания высокой прочности аппаратура иногда монтируется на литых шасси и заключается во влагонепроницаемые упаковки (кожухи). Вес переносных радиостанций вместе с источниками питания, рассчитанными на обеспечение 8—20 час. непрерывной работы, лежит в пределах от 4 до 16 *кг*. Многие из них имеют блочную конструкцию,

т. е. отдельные узлы выполнены в виде блоков, которые в случае неисправности вынимают и заменяют другими, что удобно при работе вдали от ремонтной базы.

Иногда эти радиостанции используют для связи с подвижными объектами, для чего одна из них устанавливает-



Фиг. 22. Блок-схема приемо-передающей переносной радиостанции с частотной модуляцией.

Мощность передатчика 1 *вт*, чувствительность приемника 1 *мкв*; выходная мощность приемника 1 *вт*, стабильность частоты + 0,01%, питание радиостанции—от аккумулятора или сети переменного тока 110/220 *в*

1 — кварц; *2* — задающий генератор с кварцевой стабилизацией, *3* — частотный модулятор, *4* — умножитель частоты, *5* — утроитель частоты, *6* и *7* — удвоители частоты, *8* — оконечный усилитель, *9* — выходной контур, *10* — антенна; *11* — первый каскад УВЧ, *12* — второй каскад УВЧ, *13* — первый преобразователь частоты, *14* — первый каскад усиления первой промежуточной частоты, *15* — второй каскад усиления первой промежуточной частоты, *16* — второй преобразователь частоты, *17* — каскад усиления второй промежуточной частоты, *18* — первый каскад ограничителя, *19* — второй каскад ограничителя, *20* — частотный детектор и первый каскад УНЧ, *21* — второй каскад УНЧ, *22* — громкоговоритель, *23* — умножитель частоты, *24* — гетеродин с кварцевой стабилизацией, *25* — кварц, *26* — бесшумная АРУ

ся как стационарная. Дальность связи в этом случае (в зависимости от мощности аппаратуры, высоты подъема антенн и местных условий) может достигать 15—18 *км*.

Типичная блок-схема переносной приемо-передающей радиостанции с частотной модуляцией приведена на фиг. 22.

В переносных радиостанциях, предназначенных для связи с однотипными радиостанциями, мощность передатчиков в диапазоне 30—50 *мггц* не превышает 1—2 *вт*, а на частотах выше 120—150 *мггц* составляет 0,25—0,75 *вт*. В кон-

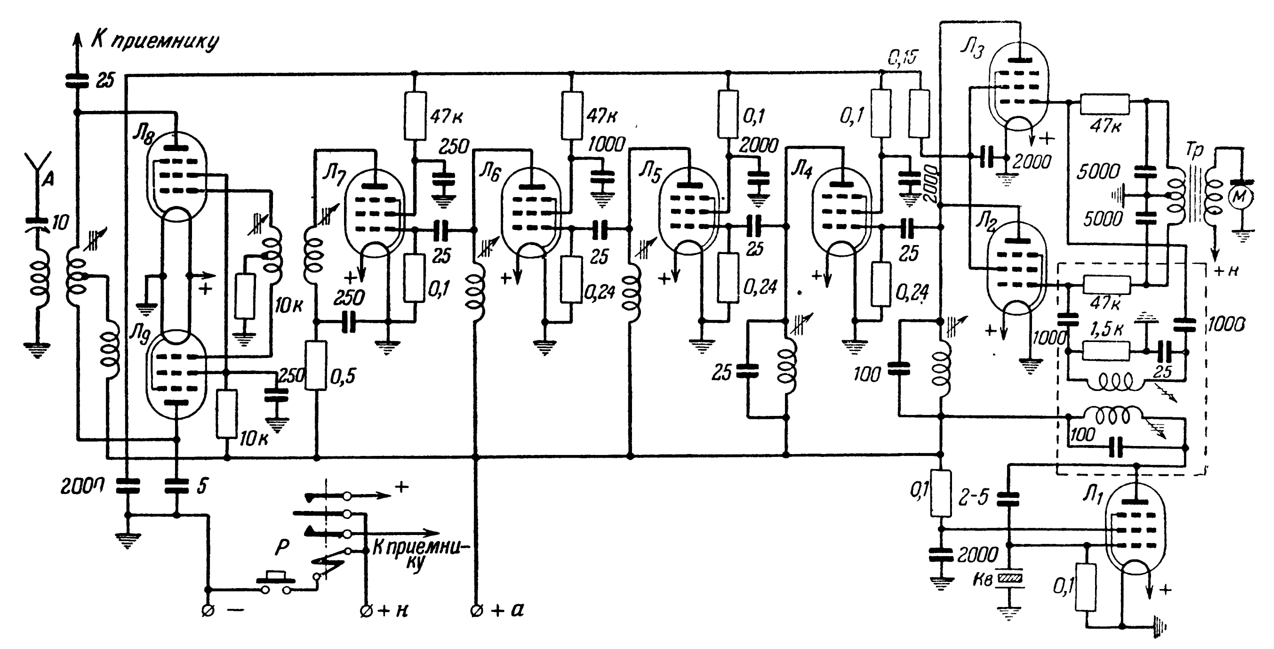
струкциях передатчиков с универсальным питанием при питании от городской сети переменного тока иногда предусматривается возможность увеличения их мощности до 4—6 *вт* на более длинных и до 2—3 *вт* на более коротких волнах диапазона, что позволяет увеличить дальность связи. Достигается это повышением анодного напряжения на оконечных лампах передатчиков, работающих обычно в облегченном режиме. Делают это с целью обеспечения устойчивой работы аппаратуры при значительных колебаниях питающих напряжений. В отдельных случаях оконечные лампы заменяют более мощными.

Передатчики имеют одну, две или больше фиксированных волн и обычно кварцевую стабилизацию, хотя в последнее время получают распространение способы бескварцевой стабилизации частоты. С целью экономии питания кварцы применяются без термостатов, а для повышения стабильности частоты задающий генератор помещают в хорошо экранированном отсеке и принимают другие меры, обеспечивающие высокую стабильность его работы.

Большинство передатчиков радиостанций с универсальным питанием работает на миниатюрных лампах с подогревным катодом, в менее мощных (с автономным питанием) используют экономичные лампы прямого накала. В предварительных каскадах усиления и умножителях применяют обычные приемо-усилительные лампы, а в оконечных — специальные генераторные. Передатчики с частотной модуляцией имеют от шести до десяти, а с амплитудной модуляцией — от трех до девяти ламп. При бескварцевой стабилизации частоты количество радиоламп бывает и меньше. В передатчиках с ЧМ модуляция осуществляется, как правило, одной или двумя реактивными лампами.

Схемы передатчиков переносных радиостанций мало отличаются от схем передатчиков подвижных радиостанций. Типичная схема передатчика с ЧМ переносной радиостанции, работающей на частотах 25—50 и 150—170 *мггц*, приведена на фиг. 23. Иногда в переносных радиостанциях применяют и трансиверные схемы, позволяющие использовать некоторые детали и лампы поочередно в приемнике и передатчике.

Все сказанное о приемниках подвижных радиостанций в равной мере относится и к приемникам переносных радиостанций. В отличие от первых приемники переносных радиостанций собираются на более экономичных лампах, имеют меньшую мощность на выходе, а их оконечные кас-



Фиг. 23. Схема передатчика переносной ЧМ радиостанции.

$Л_1$ — задающий генератор; $Л_2$ и $Л_3$ — частотный модулятор; $Л_4$ — умножитель частоты; $Л_5$ — утроитель частоты, $Л_6$ и $Л_7$ — удвоители частоты; $Л_8$ и $Л_9$ — оконечный усилитель; *М* — микрофон; *А* — антенна; *Кв* — кварц; *Тр*—микрофонный трансформатор; *Р* — реле переключения радиостанции с приема на передачу.

кады УНЧ при дежурном приеме не выключаются. Вызывные сигналы в них принимают непосредственно на телефоны, громкоговоритель или при помощи простейшего индикатора вызова, включаемого на выходе приемника.

Приемники некоторых типов переносных радиостанций имеют число рабочих волн на одну больше, чем передатчики, что позволяет вести прием на одной волне, а передачу — на другой. Это делают для того, чтобы приемник и передатчик могли работать без взаимных помех друг другу одновременно, когда радиостанцию используют в качестве ретрансляции. В некоторых из них предусматриваются прием и передача на разных волнах (для осуществления полудуплексной связи), но исключена одновременная работа приемника и передатчика.

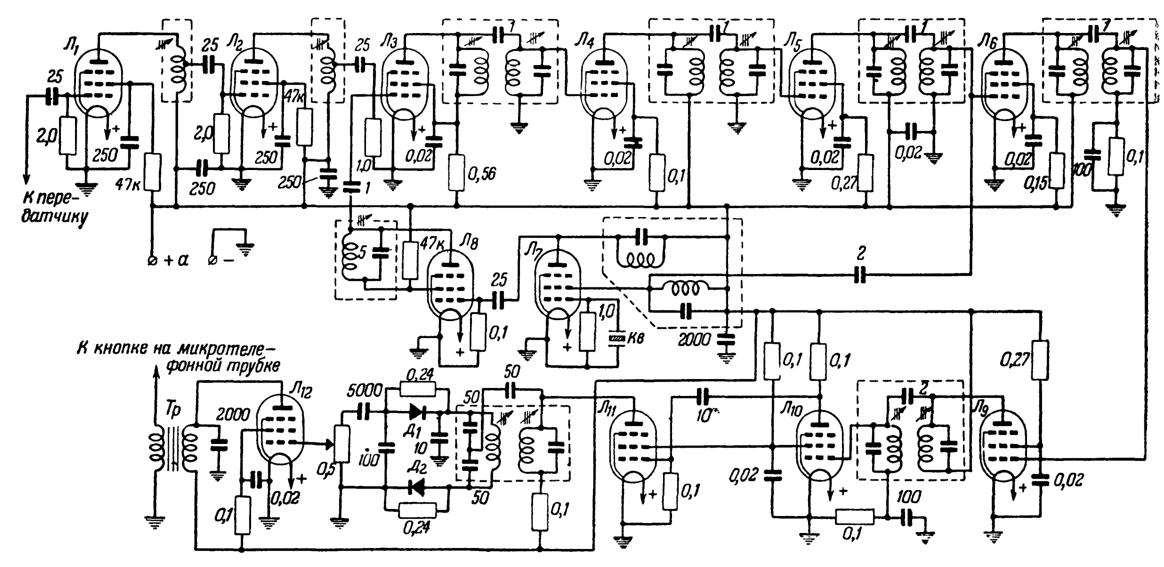
Приемники радиостанций с микротелефонной трубкой имеют мощность на выходе 10—100 *мвт* и чувствительность не хуже 2—3 *мкв*. В более тяжелых радиостанциях, с громкоговорителем и питанием от городской сети, их мощность достигает 0,5—1 *вт* при той же или несколько лучшей чувствительности. В более простых радиостанциях с амплитудной модуляцией приемники собирают по схемам сверхрегенераторов или супергетеродинов со сверхрегенеративным детектором, но такая аппаратура имеет худшие параметры. С целью уменьшения габаритов и веса аппаратуры в последнее время в приемниках стали применять сверхминиатюрные радиолампы прямого или косвенного накала.

На фиг. 24 приведена типичная схема приемника переносной ЧМ радиостанции для работы на частотах 25—50; 150—170 *мггц*.

Портативные радиостанции. Четвертая группа радиостанций — это портативные или «репортерские» радиостанции, применяемые для радиорепортажа на строительных площадках, пристанях и в других случаях, когда необходима двусторонняя радиотелефонная связь на расстояния до 1—1,5 *км*. При помощи этих радиостанций можно осуществлять связь, например, между землеройными машинами и руководителем работ на строительстве, между машинистами подъемных кранов и лицами, ведающими погрузкой или выгрузкой, между буксирами и буксируемыми судами и т. п.

Радиостанции эти — симплексные. Конструктивно они выполняются в виде одной или двух небольших удобных для ношения с собой коробок или «футляров» (фиг. 25), содержащих приемо-передатчик и источники питания (чаще

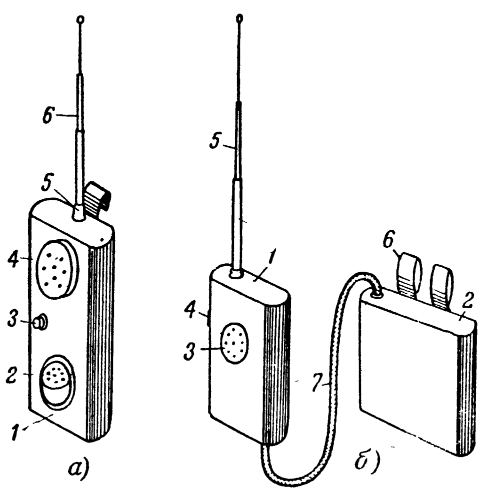
—1140



Фиг. 24. Схема приемника переносной ЧМ радиостанции.

$Л_1$ — первый каскад УВЧ; $Л_2$ — второй каскад УВЧ, $Л_3$ — первый преобразователь частоты; $Л_4$ — первый каскад усиления первой промежуточной частоты; $Л_5$—второй каскад усиления первой промежуточной частоты; $Л_6$ — второй преобразователь частоты; $Л_7$ — гетеродин; $Л_8$ — умножитель частоты; $Л_9$— каскад усиления второй промежуточной частоты; $Л_{10}$ и $Л_{11}$ — каскады ограничителя; $Л_{12}$—каскад УНЧ; $Д_1$ и $Д_2$—детекторы (германиевые диоды); *Тр*—выходной трансформатор; *Кв*—кварц.

всего батареи). Некоторые из них оформлены в виде большой микротелефонной трубки, в корпусе которой помещен приемо-передатчик. Источники питания помещают там же или в отдельной упаковке, пристегиваемой к поясу оператора. Переключение аппаратуры с приема на передачу осуществляется кнопкой, расположенной на самом аппарате, на котором укреплены также угольный микрофон и телефон.

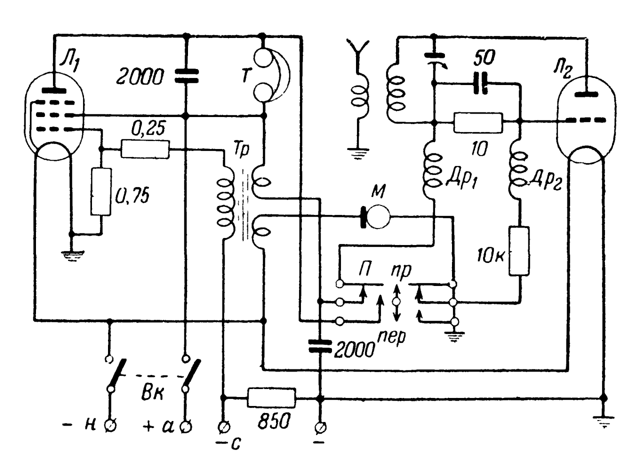


Фиг. 25. Внешний вид портативных радиотелефонных станций.

а — вся аппаратура помещена в одном футляре (*1* — приемо-передатчик с питанием; *2* — микрофон; *3* — кнопка включения; *4* — телефон; *5* — изолятор; *6*—антенна); *б* — аппаратура размещена в двух футлярах (*1* — приемо-передатчик; *2*—упаковка питания; *3* — микрофон-телефон; *4* — кнопка включения; *5* — антенна; *6* — ремни для укрепления на поясе; *7*—гибкий многожильный соединительный шланг).

Как правило, эти радиостанции имеют амплитудную модуляцию и работают на частотах выше 100 *мгц*. Собирают их преимущественно по трансиверным схемам (фиг. 26). При изготовлении часто применяют метод печатания схем. Они могут поддерживать связь либо с однотипными радиостанциями, либо с переносными, имеющими те же волны и тот же вид модуляции. В последнем случае увеличивается дальность связи, так как чувствительность приемников и мощность у передатчиков переносных радиостанций больше, а антенные устройства лучше, чем у портативных радиостанций.

В большинстве случаев портативная аппаратура имеет одну жестко фиксированную волну, две — шесть ламп, приемники собраны по сверхрегенеративной схеме, имеют чувствительность 3—5 *мкв*, передатчики имеют мощность до 0,1—0,2 *вт*. В некоторых из радиостанций приемники собраны по супергетеродинной схеме на пяти—семи сверхминиатюрных радиолампах, а передатчики имеют кварцевую стабилизацию. Применение супергетеродинных схем исклю-



Фиг. 26. Схема портативной приемо-передающей радиостанции с амплитудной модуляцией.

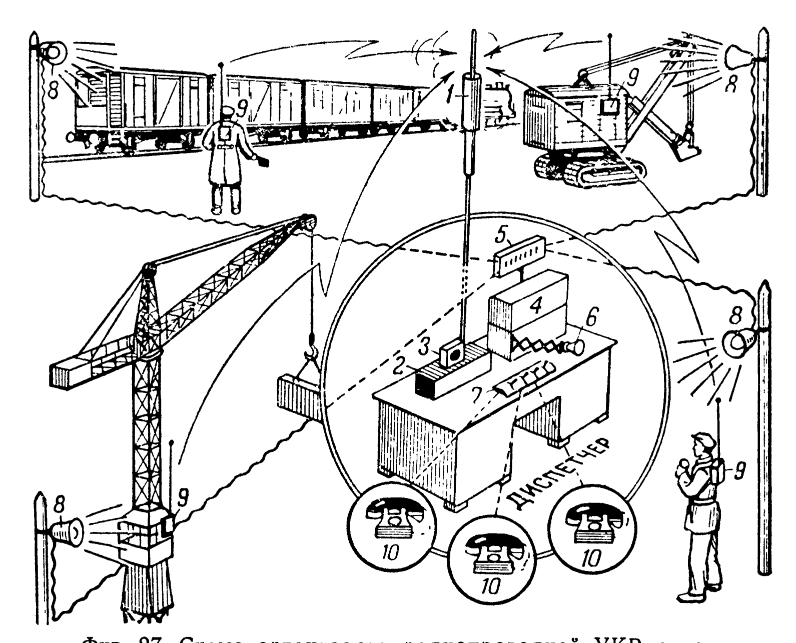
$Л_1$ — лампа типа 2П1П, $Л_2$ — лампа типа 958, *Т* — телефон; *М* — микрофон; $В_к$ — выключатель станции, *П* — переключатель с приема на передачу, *Тр* — микрофонный и выходной трансформатор.

чает взаимные помехи, обычно создаваемые сверхрегенераторами при работе нескольких радиостанций в непосредственной близости друг от друга.

Радиостанции снабжены антенной в виде штыря длиной в четверть волны, прикрепленного к корпусу радиостанции. Вызов корреспондента осуществляется голосом, а в более совершенных — тональным сигналом определенной частоты. Вес радиостанций, включая источники питания (батареи), равен от 2 до 3 *кг*.

Радиопроводная связь. На стройках, промышленных предприятиях, железнодорожных узлах, в морских, речных и авиапортах, на стадионах и в других местах, где на территории обычно имеются громкоговорящая оповеститель-

ная сеть и аппаратура проводного вещания, иногда организуют двустороннюю радиопроводную связь (фиг. 27). Ее организуют на обслуживаемой громкоговорителями территории, между пешими людьми или подвижными объектами, снабженными малогабаритными передатчиками, и диспетчером или другим лицом, выполняющим распоряди-



Фиг. 27. Схема организации радиопроводной УКВ связи.

1 — антенна приемника; *2* — УКВ приемник; *3* — громкоговоритель; *4*—усилительная аппаратура радиоузла; *5* — линейный щиток; *6* — микрофон; *7* — местный коммутатор; *8* — уличные громкоговорители; *9* — портативные передатчики; *10* — телефонные аппараты.

тельные функции. С этой целью в аппаратной радиоузла устанавливается УКВ приемник с высоко поднятой антенной, а лица, которым необходимо иметь двустороннюю связь, снабжаются портативными УКВ передатчиками.

Приемники и передатчики имеют одну-две фиксированные волны и не требуют настройки или подстройки в процессе работы. Такие приемники собирают по схеме супергетеродина или сверхрегенеративного супергетеродина, супергетеродина со сверхрегенеративным детектором, малочувствительным к помехам импульсного характера. Их

чувствительность не хуже 4—5 *мкв* при выходной мощности порядка 1 *вт*.

При установке аппаратуры в помещении обращают внимание на то, чтобы во избежание возникновения зуммирования (воя и свиста) звук из громкоговорителя приемника не попадал в микрофон усилителя оповестительной сети. Площадь, обслуживаемая громкоговорителями, обычно не превышает 5—7 *км*², поэтому передатчики могут иметь мощность в десятые доли ватта при дальности действия 1—1,5 *км*. Это позволяет применять в качестве источников питания малогабаритные сухие элементы и батареи, в результате чего вес передатчиков с питанием не превышает 1 *кг*.

Конструктивно передатчики выполняют в виде одного или двух прочных металлических футляров, прикрепляемых к поясу или за спиной оператора (имеются опытные конструкции, помещаемые в фуражках). В наиболее малогабаритных передатчиках микрофон, батарей и сам передатчик размещают в одном кожухе (футляре), причем батареи помещают в легко сменяемой кассете. Единственным органом управления передатчика является кнопка включения, так как установку его на ту или иную волну производят, как правило, заранее.

Передатчики собираются по простым схемам с одной—тремя миниатюрными лампами прямого накала; иногда применяют в них кварцевую стабилизацию.

Антенное устройство состоит из четвертьволнового складывающегося штыря; противовесом антенны служит корпус самого аппарата. При работе в диапазоне наиболее коротких волн (200—300 *мггц*) в качестве антенны используют катушку (в виде рамки) выходного контура. Такая «антенна» обладает, как и всякая рамочная антенна, направленным действием.

Передатчики снабжаются угольными и реже пьезоэлектрическими микрофонами (последние требуют дополнительного усиления).

Указанная аппаратура работает в диапазоне 150—300 *мггц* с частотной или амплитудной модуляцией. Общими требованиями к ней являются: жесткость каналов связи, механическая прочность передатчиков (они должны выдерживать без ущерба для работы удары, тряску) и сохранение работоспособности в различных климатических условиях.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА

Выбор типа и конструкции антенн для стационарно устанавливаемых и подвижных радиостанций имеет первостепенное значение, так как этим определяются дальность и качество работы линий связи. Антенны должны быть по конструкции возможно более простыми, легкими и прочными, удобными для установки и эксплуатации, должны противостоять обледенению и сильным ветрам и в то же время быть высокоэффективными с радиотехнической точки зрения. Поскольку создание таких антенн для подвижных и переносных радиостанций является чрезвычайно трудной задачей, их делают сравнительно простыми, компенсируя вызванные этим потери применением специальных высокоэффективных антенных систем на центральных радиостанциях.

АНТЕННЫ СТАЦИОНАРНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

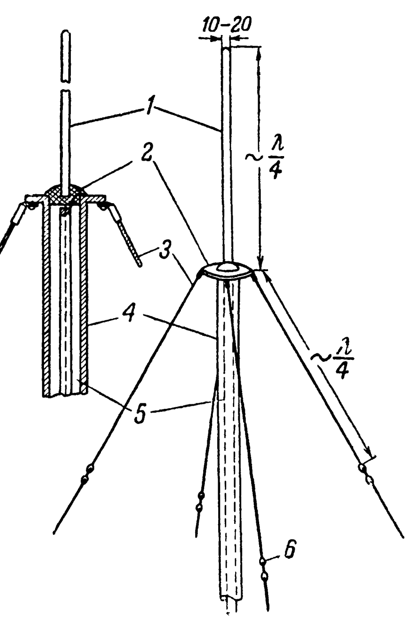
Известно, что электромагнитные волны, излучаемые вертикальной антенной, поляризованы вертикально, а излучаемые горизонтальной антенной — поляризованы горизонтально. Установлено, что при горизонтальной поляризации волн для получения удовлетворительного приема в условиях помех нужна меньшая напряженность электромагнитного поля. Выяснено также, что в непосредственной близости к земле (на высоте менее 10 *м*) среди строений напряженность электромагнитного поля при горизонтальной поляризации уменьшается больше, чем при вертикальной. Поэтому в телевидении и радиовещании на УКВ, т. е. там, где антенные устройства могут быть подняты достаточно высоко, широкое распространение получили горизонтальные антенны, а в подвижной связи, где обычно одна из антенн расположена непосредственно у земли (у подвижных объектов), применяют вертикальные антенны, которые в этом случае более удобны для установки.

При выборе конструкции антенн учитывают диапазон частот, на которых они должны работать, степень и характер направленности действия, а также механические требования, определяемые местом установки и условиями эксплуатации.

Ненаправленные антенны. Если излучение антенны желательно направить вдоль горизонта, обеспечив в то же время приблизительно круговую диаграмму в горизонталь-

ной плоскости, как, например в случае расположения абонентов на фиг. 2, то следует применять для связи ненаправленные антенны.

Простейшей ненаправленной антенной, которая может быть применена для стационарных радиостанций, является общеизвестный полуволновой вибратор. Однако вертикальная установка его связана с трудностями питания вибратора, так как оно должно производиться в средней его точке. Кроме того, характер излучения энергии вертикально расположенным вибратором в вертикальной плоскости не позволяет сосредоточить излучаемую им энергию под достаточно малыми углами к горизонту, а следовательно, получить максимальные дальности связи на УКВ при данной мощности передатчика. Поэтому были разработаны специальные конструкции вертикальных антенн, но в основу которых положен принцип действия вибратора. Такие антенны, как известно, обладают той или иной (в зависимости от типа антенны) направленностью (усилением) в вертикальной плоскости. За счет этого усиления увеличивается радиус круговой диаграммы в горизонтальной плоскости, т. е. возрастает дальность действия связи.

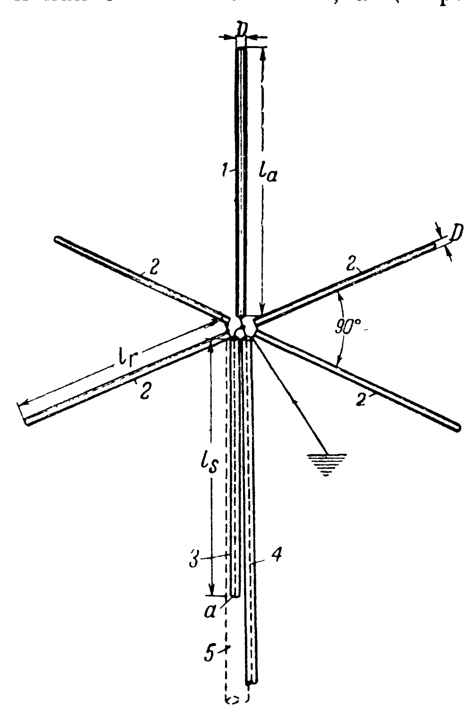


Фиг. 28. Штыревая антенна с наклонными элементами.

1 — штырь; 2 — изолятор; 3 — наклонные элементы, 4 — труба мачты, 5 — высокочастотный кабель, 6 — орешковый изолятор.

Наиболее простой из них является четвертьволновая антенна с наклонно расположенными элементами (фиг. 28). Она может быть установлена на металлической или деревянной мачте. Наклонные элементы антенны являются естественным продолжением верхнего яруса оттяжек, поддерживающих мачту, и изолированы от последних орешковыми изоляторами. Изменением длины штыря и наклонных элементов в пределах от 94 до 100% четверти длины

рабочей волны антенны можно несколько изменять ее входное сопротивление и, следовательно, согласовывать ее с фидером, сделанным из обычного кабеля с волновым сопротивлением в 72 *ом.* Оболочку этого кабеля присоединяют к наклонным элементам, а центральный провод — к вертикальному штырю антенны.



Фиг. 29. Заземленная штыревая антенна с горизонтальными элементами.

1 — штырь, *2* — горизонтальные элементы; *3* — шлейф из коаксиального кабеля (центральная жила и оболочка кабеля на конце шлейфа соединены между собой); *4* — фидер; *5* — труба мачты.

Другой антенной для стационарных радиостанций является штыревая свободно стоящая антенна со шлейфом, у которой вертикальный штырь и горизонтальные элементы заземлены (фиг. 29). Это заземление осуществляется следующим образом. Штырь *1* и горизонтальные элементы *2* антенны соединены накоротко со шлейфом *3,* центральный проводник которого в свою очередь соединен накоротко в точке *а* с оболочкой и внешним проводником шлейфа. Все эти элементы антенны укреплены на хорошо заземленной металлической мачте *5* из газовых или других труб (этим антенна будет защищена от грозовых разрядов).

Сама антенна выполняется обычно из металлических трубок или прутьев различного диаметра. Наличие шлейфа позволяет согласовать антенну с фидером, сделанным из высокочастотного кабеля.

Антенна со шлейфом излучает электромагнитную энергию под небольшим углом к земной поверхности, что дает выигрыш в дальности связи. Этот выигрыш при правильно рассчитанной и сделанной антенне достигает 3 *дб* по сравне-

нию с обычным полуволновым диполем, поднятым на ту же высоту над землей.

Конструктивные данные этой антенны в значительной степени зависят от отношения длины вертикального штыря к его диаметру. Так как расчет таких антенн в нашей технической популярной литературе до сих пор не приводился, мы считаем полезным дать его хотя бы в упрощенном виде. Для облегчения расчета на фиг. 30 приведены графики, позволяющие определить главные факторы, от которых зависят размеры всех элементов антенны при различных диаметрах применяемых для нее трубок. Расчет ее производят следующим образом.

Прежде всего определяют значение отношения свободно стоящего полуволнового вертикального штыря к его диаметру

$$M = \frac{147\,650}{f \cdot D}, \qquad (3\text{-}1)$$

где f — рабочая частота, на которую рассчитывается антенна, *мггц*;

D — диаметр штыря, *мм*.

Определив значение M, по графику фиг. 30, *а* находят фактор длины K_a, затем по графику фиг. 30, *б* определяют величину K_x — изменение сопротивления штыря на 1% изменения его длины и, наконец, по графику фиг. 30, *в* находят сопротивление его излучения $R_{из}$.

Поскольку у данной конструкции антенны вертикальный штырь укорочен (по сравнению с половиной волны), сопротивление излучения антенны R_0 (в *ом*) находят по формуле

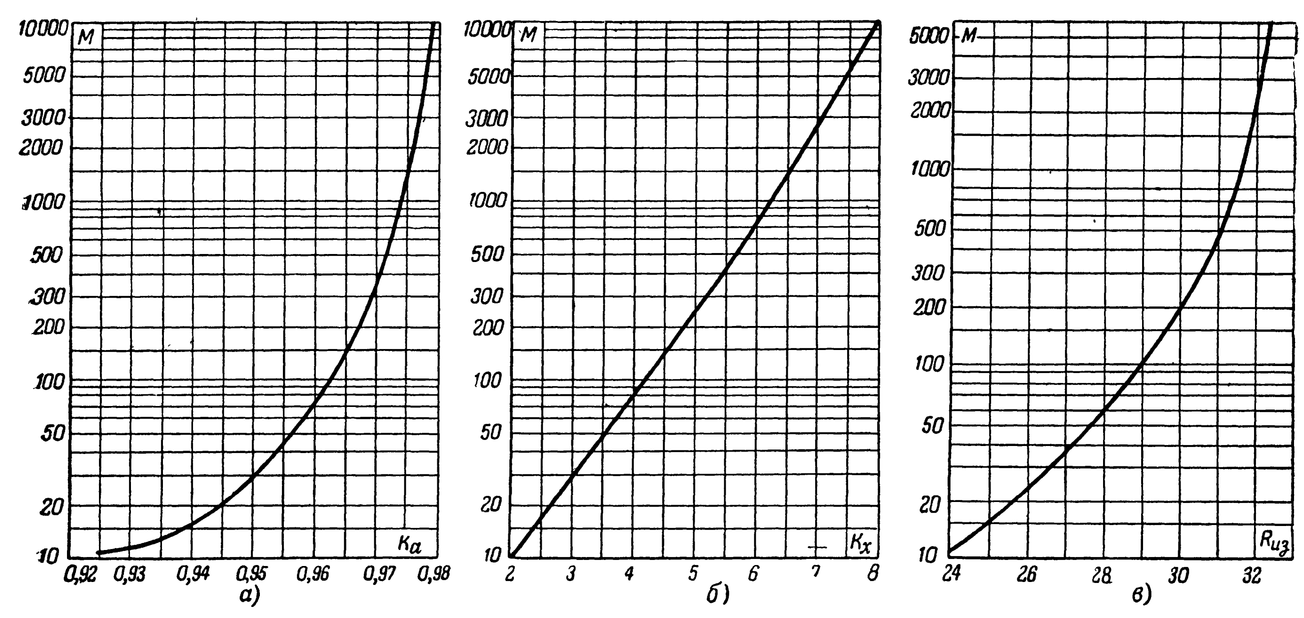
$$R_0 = R_{из} - \frac{Z_1}{4R_{из}},$$

где Z_1 — волновое сопротивление фидера, с которым должна быть согласована антенна.

Для определения других данных необходимо знать величину емкостного сопротивления X_a антенны (в *ом*) при укороченном штыре:

$$X_a = SR_0,$$

где $S = \sqrt{\frac{Z_1}{R_0} - 1}$.



Фиг. 30. Графики для расчета заземленной штыревой антенны с горизонтальными элементами.

а — кривая для определения фактора длины антенны K_a (*М* — отношение длины свободно стоящей полуволновой антенны к диаметру ее проводника); *б* — кривая для определения изменения сопротивления антенны K_x при изменении ее длины на 1% (кривая пригодна для изменения длин антенны до 10% ее резонансной длины; для полуволновых антенн найденное из графика значение K_x удваивается); *в* — сопротивление излучения четвертьволновой антенны $R_{из}$ как функция *М* (кривая справедлива только для случаев, когда антенна настроена в резонанс); для полуволновой антенны найденное из графика значение $R_{из}$ удваивается.

После этого определяют длину (в *мм*) вертикального элемента (штыря) антенны:

$$l_a = \frac{73\,825 \cdot K_a K_в}{f},$$

где $K_в = 1 - \frac{X_a}{100\,K_x}$.

Затем находят размеры индуктивного шлейфа и длину радиальных горизонтально расположенных элементов. Для этого сначала определяют сопротивление X_s шлейфа (в *ом*):

$$X_s = \frac{Z_1}{S}.$$

Тогда длина закороченного шлейфа (в *мм*)

$$l_s = \frac{820\,VL}{f},$$

где V — частотный фактор (характеристика) линии, используемой для шлейфа (для обычного 72-*ом* кабеля V равно 0,66);

L — длина шлейфа в электрических градусах при данном X_s (величина эта эквивалентна углу, тангенс которого равен отношению $\frac{X_s}{Z_s}$, где Z_s — волновое сопротивление шлейфа).

Наконец, определяем длину (в *мм*) одного горизонтального элемента

$$l_r = \frac{73\,825\,K_a}{f}.$$

Длина измеряется от центра вертикального элемента (штыря) до конца горизонтального элемента.

Если вертикальный и горизонтальный элементы сделаны из труб разного диаметра, то значение M и K_a определяется для каждого из них отдельно.

Пример. Требуется рассчитать антенну на частоту 146 *мггц*. Антенна составлена из металлических труб диаметром 15 *мм*. Фидер сделан из высокочастотного коаксильного кабеля с волновым сопротивлением порядка 72 *ом* (кабель РК-1 или РК-3). Шлейф изготовлен из такого же кабеля.

Таким образом, имеем: $f = 146$ *мггц*; $Z_1 = 72$ *ом*; $Z_s = 72$ *ом*; $D = 15$ *мм*; $V = 0{,}66$.

Сначала определяем:

$$M = \frac{147\,650}{146 \cdot 15} \approx 67.$$

Затем по графикам (фиг. 30) находим:

$$K_a = 0{,}958;\ K_x = 3{,}8;\ R_{из} = 28{,}3$$

Далее определяем:

$$R_0 = 28{,}3 - \frac{72}{4 \cdot 28{,}3} = 27{,}7\ \textit{ом},$$

откуда

$$S = \sqrt{\frac{72}{27{,}7} - 1} = 1{,}265.$$

Емкостное сопротивление антенны

$$X_a = 1{,}265 \cdot 27{,}7 = 35\ \textit{ом}.$$

Определяем затем

$$K_в = 1 - \frac{35}{380} = 0{,}908$$

и находим длину вертикального штыря антенны

$$l_a = \frac{73\,825 \cdot 958 - 0{,}908}{146} \approx 440\ \textit{мм}.$$

Сопротивление шлейфа

$$X_s = \frac{72}{1{,}265} = 56{,}9\ \textit{ом}.$$

„Электрическая длина" для этого сопротивления соответствует углу, тангенс которого равен $\frac{X_s}{Z_s} = \frac{56{,}9}{72} = 0{,}79$.

Из тригонометрических таблиц находим, что этот угол равен 38,4°. Тогда длина шлейфа

$$l_s = \frac{820 \cdot 0{,}66 \cdot 38{,}4}{146} \approx 142\ \textit{мм}.$$

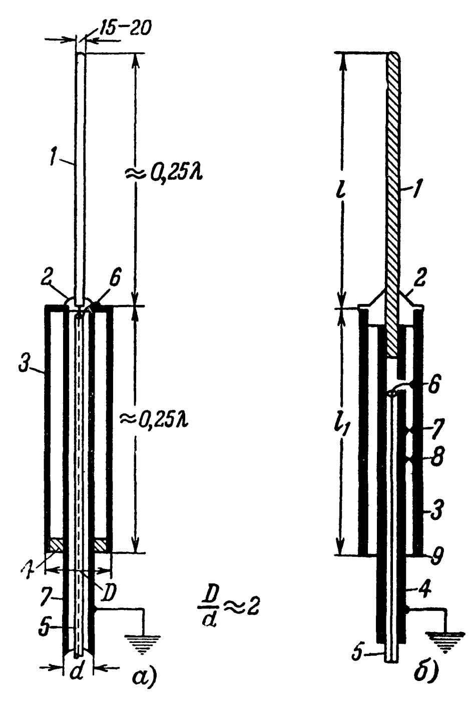
Длина каждого горизонтального элемента

$$l_r = \frac{73\,825 \cdot 0{,}958}{146} \approx 484\ \textit{мм}.$$

Широкое распространение получили коаксиальные или манжетные антенны (фиг. 31). Такая антенна состоит из штыря и трубки—«юбки» или «манжеты», надеваемой сверху фидера из высокочастотного коаксиального кабеля. «Юбка» выполняет, с одной стороны, функцию настроечного шлейфа, а с другой, она является частью полуволнового диполя.

Практически в качестве «юбки» можно использовать обычную газовую трубу несколько большего диаметра, чем поддерживающая антенну мачта, или сделать ее из расположенных по окружности металлических прутьев, прикрепленных с одной стороны к фланцу, а в середине и снизу скрепленных кольцами.

Входное сопротивление антенны зависит от длины штыря и «юбки» и его можно в некоторых пределах регулировать. Для согласования антенны с 72-*ом* высокочастотным коаксиальным кабелем длину «юбки» нужно брать равной 99% четверти длины рабочей волны при длине штыря, в 94% четверти длины волны (в случае применения кабеля с волновым сопротивлением порядка 52 *ом* длина «юбки» должна равняться 98%, а длина штыря — 95% четверти длины волны). Размеры «юбки» критичны, и отклонение ее длины от указанных выше величин приводит к появлению стоячих волн в фидере и на поддерживающей антенну мачте, что вызывает увеличение потерь мощности и уменьшает к. п. д. антенны, так как нарушается равенство между полным входным сопротивлением антенны и волновым сопротивлением фидера.



Фиг. 31. Коаксиальные или манжетные антенны.

а — обычная коаксиальная антенна (*1*—штырь; *2* — изолятор; *3* — „юбка" или „манжета"; *4* — изолирующее кольцо, *5*—коаксиальный кабель, *6* — место пайки оболочки кабеля; *7* — труба мачты); *б* — грозоустойчивая коаксиальная антенна (*1* — штырь, *2* — изолятор, *3* — „юбка" или „манжета", *4* —труба мачты; *5*—коаксиальный кабель; *6* — точка подключения внутреннего проводника фидерной линии, *7* — перемычка настройки антенны; *8* — короткозамыкающая перемычка, *9* — конец „юбки").

При установке за городом конструкцию коаксиальной антенны с целью грозозащиты видоизменяют так, как ука-

зано на фиг. 31,*б*. В таком виде она является как бы громоотводом для наводимых статических зарядов и заземлением для всех частот, кроме рабочей. В данном случае внутренний антенный стержень l и внешняя труба l_1 вместе образуют питаемую в середине антенну длиной $2\ \frac{5}{8}\ \lambda$, настройка которой производится перемычкой *7*. Точку *6* подключения внутреннего проводника фидерной линии подбирают так, чтобы нагрузочное сопротивление фидера на рабочей частоте антенны равнялось его волновому сопротивлению. Короткозамыкающую перемычку *8* устанавливают с таким расчетом, чтобы длина отрезка между точками *8—9* «юбки» была равна $0{,}25\lambda$; в этом случае между концом «юбки» (точка *9*) и трубой мачты получается высокое сопротивление, которое препятствует переходу энергии высокой частоты с «юбки» на мачту.

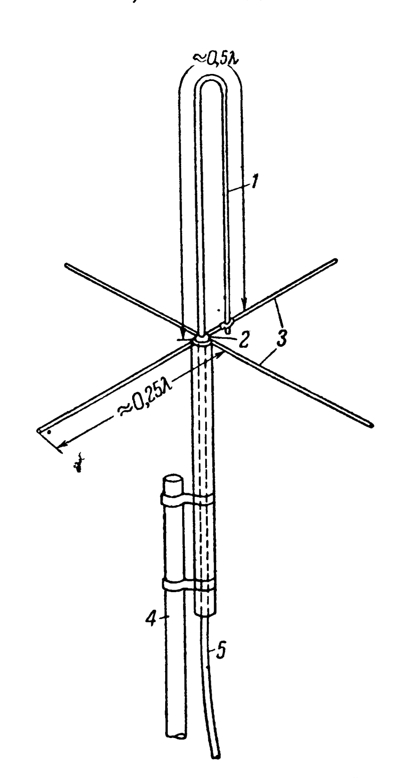
Коаксиальные антенны дают усиление по сравнению с полуволновым вибратором почти в 2 раза, что равнозначно четырехкратному увеличению мощности передатчика или примерно двукратному увеличению чувствительности приемника.

Еще одним типом «грозобезопасных» антенн является шлейфовый однополюсник (фиг. 32), представляющий заземленную вертикально расположенную шлейф-антенну с горизонтальными элементами. Эта антенна обладает также несколько направленным излучением в вертикальной плоскости (при работе на частотах 30—80 *мггц* усиление получается порядка 1 *дб*). Поскольку излучающий элемент антенны заземлен, это несколько улучшает ее приемные качества (улучшает отношение принимаемого сигнала к шумам). Входное сопротивление такой антенны примерно в 4 раза больше, чем у полуволнового вибратора и коаксиальной антенны. Изменением толщины центральной и заземленной частей вертикального штыря можно в широких пределах изменять ее входное сопротивление, при этом увеличение диаметра центральной части штыря по сравнению с заземленной частью уменьшает это сопротивление, и наоборот. Таким образом, его можно согласовать с фидером, выполненным из стандартного высокочастотного кабеля. Данные, которыми можно руководствоваться при изготовлении такой антенны, приведены на фиг. 32.

Если к одному из заземленных элементов антенны прикрепить рефлектор, то полярная диаграмма ее излучения

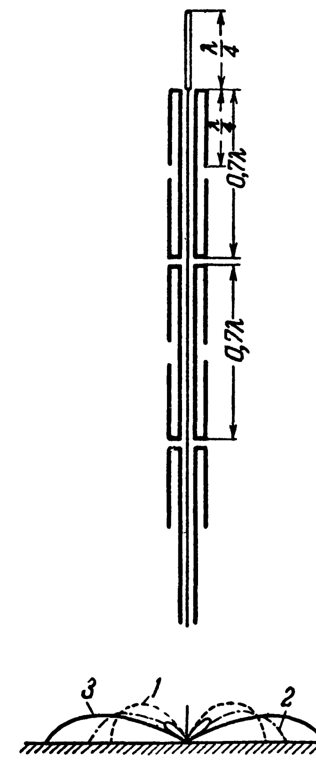
принимает вид кардиоиды. Усиление в направлении кардиоиды достигает 3 *дб* и зависит от рабочей частоты.

Высокой эффективностью излучения в вертикальной плоскости, т. е. вдоль земной поверхности, обладают так



Фиг. 32. Антенна „шлейфовый однополюсник".

1 — штырь-шлейф; *2* — изолятор; *3*—горизонтальные элементы; *4* — труба мачты; *5* — коаксиальный кабель.



Фиг. 33. Коллинеарно-коаксиальная (многоярусная) антенна и диаграммы направленности.

1—характеристика направленности вертикального вибратора; *2* — то же коаксиальной антенны; *3*—то же коллинеарно-коаксиальной антенны.

называемые коллинеарно-коаксиальные, многоярусные антенны. Такая антенна состоит из нескольких расположенных один над другим излучающих элементов с последовательным питанием. Даваемое ими усиление в 2,5—3,5 раза больше, чем у обычной коаксиальной антенны. Антенна, изображенная на фиг. 33, состоит из трех вибраторов, разнесенных друг от друга на 0,7 λ и возбуждаемых синфазно.

Питается она при помощи фидера с волновым сопротивлением около 50 *ом*. Использование ее в качестве приемной антенны дает по сравнению с вибратором приблизительно тройной выигрыш по чувствительности.

Широкому распространению этих антенн препятствует сложность их изготовления; кроме того, при работе на более низких частотах УКВ диапазона их габариты получаются относительно большими, что затрудняет их установку.

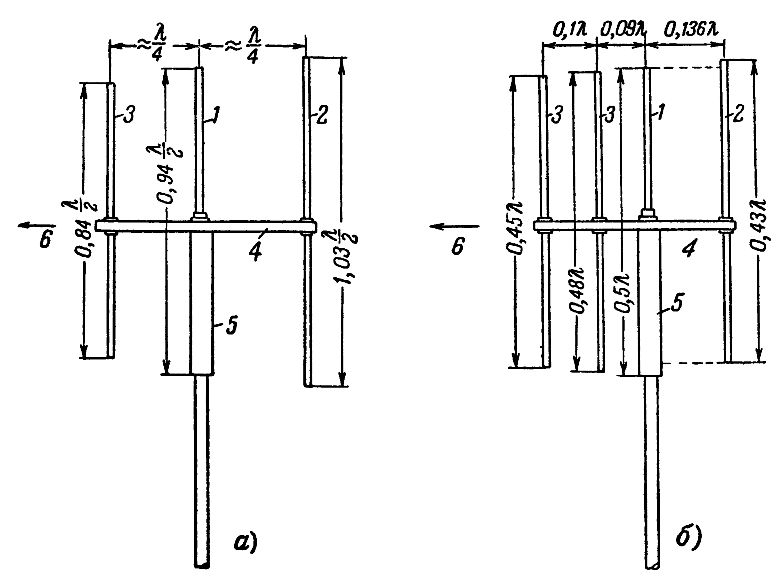
Направленные антенны. Для связи между собой двух неподвижных радиостанций или увеличения дальности связи с подвижными или переносными радиостанциями в определенном направлении применяют антенны направленного действия. Направленные антенны позволяют получить устойчивую связь на значительных расстояниях при небольшой мощности передатчиков, так как усиление, даваемое антеннами, концентрирующими излучение электромагнитной энергии в определенном направлении, равнозначно соответствующему увеличению мощности передатчика или повышению чувствительности приемника. Направленные УКВ антенны метровых волн позволяют получить усиление до 15 *дб* в направлении главного луча, что равнозначно увеличению мощности передатчика в 30 раз. Кроме того, направленные антенны уменьшают возможности нежелательного подслушивания переговоров.

При приеме сигналов на направленную антенну в условиях сильных индустриальных помех, источник которых расположен рядом с приемником, но в стороне от направления на корреспондента, получается значительно большее отношение сигнала к помехе по сравнению с приемом на обычную всенаправленную антенну и, следовательно, мешающее действие помех ослабляется.

За последние годы разработано большое количество высокоэффективных УКВ антенн с различными коэффициентами усиления и разнообразными характеристиками направленности. Здесь мы рассмотрим кратко лишь некоторые наиболее типичные из них.

При работе на частотах выше 50 *мгц* для получения направленного действия широко применяются антенны типа «волновой канал» с несколькими пассивными элементами. Обычно такие антенны располагают горизонтально, и они служат для передачи или приема волн с горизонтальной поляризацией. Повернув такую систему вокруг оси, поддерживающей пассивные элементы, на 90°, можно получить антенну вертикально поляризованных волн.

Поскольку питание вибратора, являющегося активным элементом таких антенн, в этом случае затруднительно, пассивные элементы монтируют около одной из вышеописанных коаксиальных антенн (фиг. 34). Направленность их излучения получается главным образом за счет действия рефлектора (отражателя), директоры же дают лишь некоторое дополнительное усиление и суживают диаграмму



Фиг. 34. Вертикальные направленные антенны типа „волновой канал“.

а — трехэлементная антенна (*1* — коаксиальная антенна; *2* — рефлектор; *3* — директор; *4* — поддерживающая штанга; *5* — „юбка“; *6* — направление излучения); *б* — четырехэлементная антенна с близко расположенными элементами (значение обозначений то же).

направленности. С увеличением числа пассивных элементов входное сопротивление антенн резко уменьшается и их трудно согласовать с фидером. Измерения показали, что их входное сопротивление находится в пределах от 8 *ом* для многоэлементной антенны до 24—26 *ом* (в зависимости от расстояния между элементами) для антенны с тремя элементами. Поэтому для согласования таких антенн с фидером применяют те или иные согласующие линии. Практически входное сопротивление можно изменять в некоторых пределах изменением длины элементов и расстояния между активным вибратором и рефлектором: при сближении эле-

ментов входное сопротивление антенны уменьшается, а при удалении — увеличивается. Однако при этом несколько изменяется и характеристика направленности ее действия.

Поддерживающую элементы штангу-ось делают из металлической трубы, так как пассивные элементы могут быть соединены между собой и заземлены. При изготовлении антенн допустимо некоторое отклонение от теоретического направления элементов, например система работает все еще удовлетворительно даже при отклонении горизонтальных элементов до 30°.

Иногда с целью улучшения условий для согласования вертикальных многоэлементных антенн с фидерными линиями в качестве активных элементов используют вышеупомянутые вертикальные шлейф-антенны, входное сопротивление которых можно изменять в широких пределах.

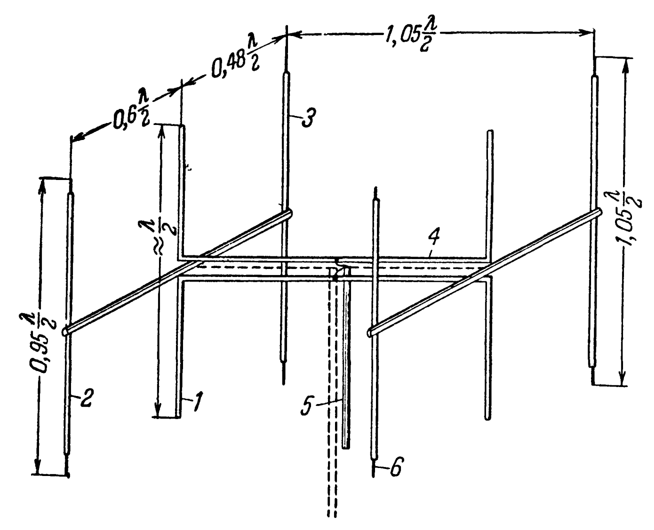
Вертикальная антенна, состоящая из трех элементов, дает усиление по мощности в направлении ее луча примерно в 2,5 раза, и отношение максимума излучения к минимуму равно около 4 : 1. Четырехэлементные и пятиэлементные антенны, сужая диаграмму направленности, еще более увеличивают это соотношение. Одно из важных преимуществ таких антенн — это концентрация излучения вдоль земной поверхности в направлениях, близких к горизонту, что дает сравнительно большие дальности связи.

На базе антенн типа «волновой канал» делают двухрядные антенны (фиг. 35) с еще большей, чем у предыдущего типа, направленностью действия, дающие усиление до 10—12 *дб* и отношение излучений вперед — назад, равное 4 : 1. При помощи таких антенн и передатчиков мощностью не более 1 *вт* удается достигнуть связи на расстояния свыше 30 *км*. Однако они требуют довольно точной ориентировки на корреспондента и имеют значительную «парусность», а следовательно, хуже противостоят сильным ветрам.

В случаях, когда центральная радиостанция должна работать на нескольких волнах, вместо установки отдельной антенны на каждую волну применяют одну широкополосную или комбинированные антенны. На частотах 50—60 *мггц* и выше в полосе 4—6 *мггц* вполне удовлетворительно работает большинство известных типов антенн при достаточно большом сечении их элементов. Однако увеличение сечения элементов, т. е. диаметра трубок, из которых они составляются, соответственно ухудшает параметры таких антенн. В специальных конструкциях широкополосных и

комбинированных антенн этот недостаток тем или иным способом компенсируют. К числу таких улучшенных широкополосных антенн относятся двухрядная коническая антенна с пассивными рефлекторами и двухволновая горизонтальная антенна типа «волновой канал».

Двухрядная коническая антенна с пассивными рефлекторами (фиг. 36) может быть сделана как вертикальной (двухрядной), так и горизонтальной (двухъярусной). Пи-



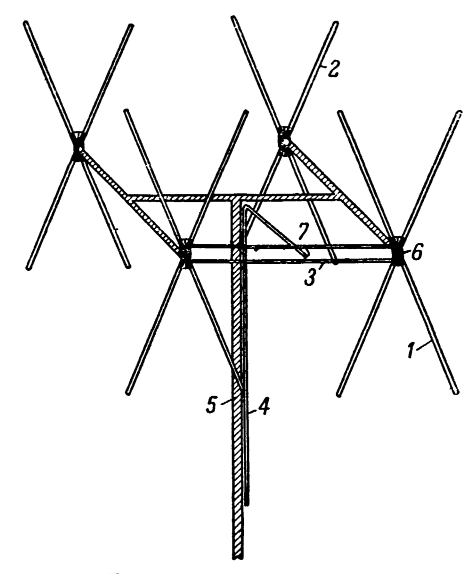
Фиг. 35. Двухрядная вертикальная антенна типа „волновой канал".

1 — активные элементы; *2* — директор; *3* — рефлектор; *4* — согласующая секция; *5* — фидер; *6* — подстроечные элементы.

тающий фидер присоединен к точке *7* согласующей линии, состоящей из двух четвертьволновых отрезков, один из которых присоединен к одному вибратору, а второй — к другому. Поэтому антенну можно соединять с радиостанцией двухпроводным фидером или же высокочастотным кабелем с волновым сопротивлением 300 *ом.*

На сравнительно высоких частотах характеристика направленности такой антенны имеет вид довольно узкого луча с несколькими лепестками с боков и сзади; на более низких частотах направленное действие ее уменьшается, исчезают добавочные лепестки и диаграмма принимает такой же вид, как у обычного полуволнового вибратора с рефлектором. Усиление антенны в средней части диапа-

зона (80—150 *мггц*) колеблется в пределах 5—7 *дб*, достигая на частотах выше 200 *мггц* примерно 9—10 *дб*.

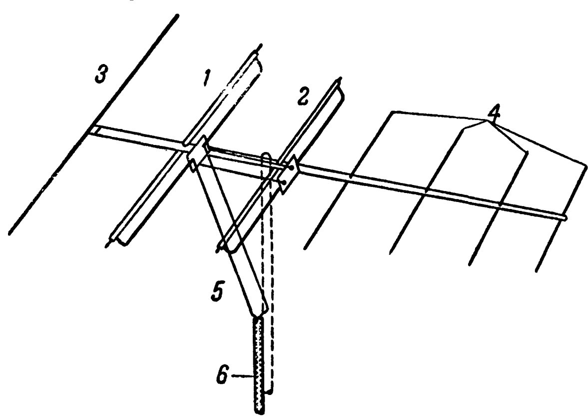


Фиг. 36. Двухрядная вертикальная коническая антенна с рефлекторами.

1 — активный элемент; 2 — рефлектор; 3 — согласующая секция; 4 — фидер; 5 — опора, 6 — изолятор; 7 — точка присоединения фидера.

Двухволновая горизонтальная антенна типа «волновой канал» (фиг. 37) в зависимости от размеров ее активных элементов (шлейф-вибраторов) может быть настроена на две волны. Резонансную характеристику антенны на каждой из волн можно в довольно широких пределах менять изменением размеров ее активных элементов. С увеличением полосы пропускания усиление, даваемое антенной в главном направлении, уменьшается, и наоборот.

Элементы этой антенны используются следующим образом.



Фиг. 37. Двухволновая многоэлементная антенна типа „волновой канал".

1 — шлейф-вибратор, настроенный на первую волну; 2 — шлейф-вибратор, настроенный на вторую волну; 3 — рефлектор для первой волны; 4 — директоры; 5 — согласующая секция; 6 — фидер.

При работе на первой волне рефлектор выполняет свои обычные функции, а второй активный шлейф-вибратор и четыре директора (все вместе) выполняют роль директоров. На другой волне функции рефлектора выполняет первый шлейф-вибратор, второй шлейф-вибратор является активным элементом и четыре директора работают обычным порядком. Входное сопротивление антенны согласуется с выходным сопротивлением аппаратуры при помощи высокочастотного кабеля.

Для нормальной работы этой антенны важен надлежащий подбор волн и согласующих элементов — линий, соединяющих шлейф-вибраторы между собой и с фидером. Характеристика антенн данной конструкции примерно та же, что и в обычных системах антенн типа «волновой канал».

Антенны данного типа могут быть установлены и вертикально.

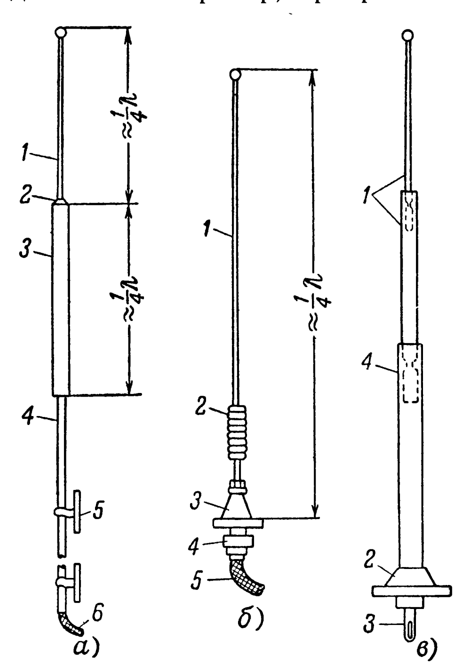
АНТЕННЫ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ И ПЕРЕНОСНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

Наиболее распространенным типом антенны для подвижных и переносных радиостанций является четвертьволновая несимметричная штыревая антенна и ее разновидности. В принципе это тот же полуволновой вибратор или антенна с вертикальными и горизонтальными элементами, в которой нижняя часть заменена металлической крышей или массой подвижного объекта, играющими роль противовеса.

Конструкции этих антенн бывают самые разнообразные. Автобусы, грузовые и пожарные автомашины и другие подвижные объекты иногда оборудуют коаксиальными антеннами с «юбкой» (фиг. 38,*а*), описанными на стр. 61. Диаметр внешней трубки («юбки») в этом случае берут порядка 25—30 *мм*, а внутренней (поддерживающей) — 15—20 *мм*. Такую конструкцию можно применять при работе радиостанций на волнах короче 3—4 *м*, в противном случае их габариты получаются чрезмерными. На более длинных волнах пользуются четвертьволновыми телескопическими и гибкими штыревыми антеннами (фиг. 38,*б* и *в*).

Если подвижной объект высок, то применяют штыревые антенны с гибким основанием; это исключает поломку антенны при движении объекта под мостами и арками. Наивыгоднейшим местом для установки антенны на автомашине с цельнометаллическим кузовом, автобусе и грузо-

вой машине с металлической крышей является центральная часть крыши. В зависимости от места установки антенны на подвижном объекте будет та или иная направленность ее действия. Например, при размещении антенны на автомашине над лобовым стеклом она будет лучше всего излучать назад, хуже вперед и еще хуже в стороны (фиг. 40,*а*). При установке антенны сбоку и сзади автомобиля диаграмма ее излучения принимает сложный вид (фиг. 40,*б*). Установка ее в центре крыши позволяет получить диаграмму излучения, близкую к кругу (фиг. 39).



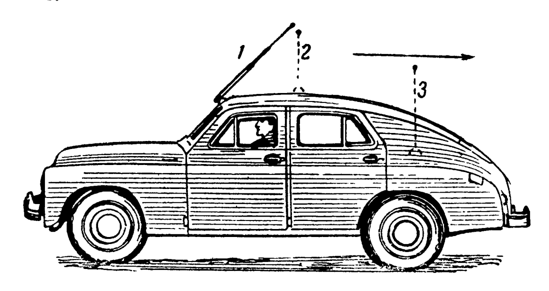
Фиг. 38. Антенны для подвижных радиостанций.

а — коаксиальная: *1* — штырь; *2* — изолятор; *3* — „юбка"; *4* — опора; *5*—крепление; *6* —фидер (высокочастотный кабель), *б* — четвертьволновый штырь с гибким основанием: *1* — штырь, *2* — гибкое основание (пружина), *3* — изолятор; *4*—соединительная фишка; *5* — фидер (высокочастотный кабель); *в* — телескопическая: *1* — трубка, *2* — изолятор, *3* — лепесток для пайки, *4* — фиксаторы.

Для легковых и других автомашин при отсутствии специальных антенн можно использовать автомобильные антенны от радиовещательных приемников. Удлиненную до 1 400 *мм* антенну автомашины ЗИМ нетрудно согласовать на частотах 30—50 *мгц* с фидером *4* при помощи шлейфа *5* (сделанного из куска высокочастотного кабеля), присоединив его так, как указано на фиг. 41. Поскольку в этом случае антенна корче 0,25 длины волны, то присоединение шлейфа в соответствующей точке фидера компенсирует емкостную составляющую нагрузки и дает возможность сделать входное сопротивление антенны равным волновому сопртивлению фидера. Для определения расстояния от штыря антенны до точки включения шлейфа (x) и длины последнего (y) при различных рабочих частотах можно пользоваться таблицей.

Частота, *мггц*	Значение *x*, *мм*	Значение *y*, *мм*	Частота, *мггц*	Значение *x*, *мм*	Значение *y*, *мм*
30	1 063	81	38	625	109
31	1 000	81	40	531	125
32	943	84	42	437	134
33	887	84	44	350	169
34	831	85	46	262	200
35	781	93	48	156	244
36	725	97	50	28	300

При работе радиостанции на частотах выше 55 *мггц* настроечного шлейфа не требуется, так как в этом случае длина антенны будет близка к 0,25 длины волны; на еще более высоких частотах антенна работает как полуволновый несимметричный вибратор, а затем — как антенна в 0,75 длины волны.



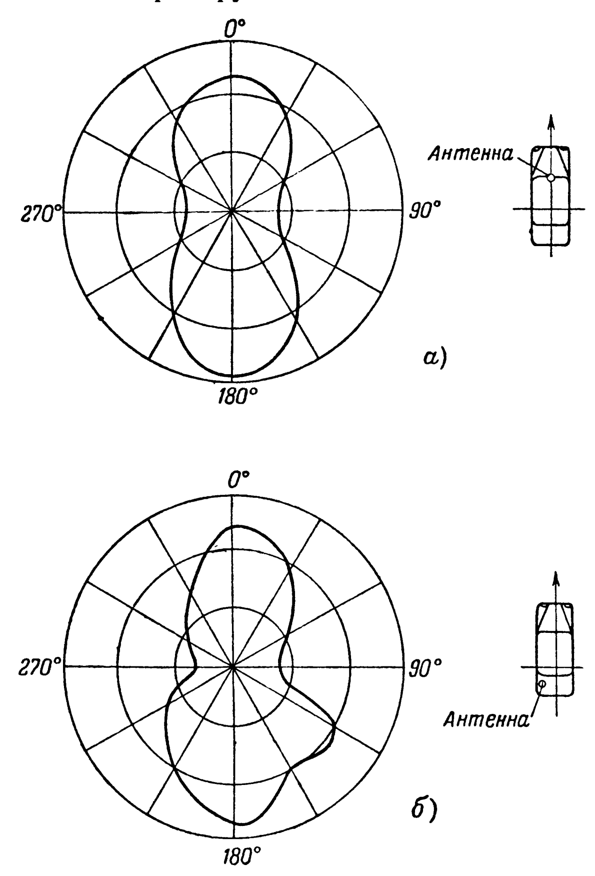
Фиг. 39. Наивыгоднейшие места установки антенн на автомашинах с цельнометаллическим кузовом.

1 — штыревая „телескопическая" антенна, установленная над лобовым стеклом (главное направление ее действия указано стрелкой); *2* — место установки антенны для получения круговой диаграммы излучения; *3* —установленная в этом месте антенна имеет диаграмму направленности, приведенную на фиг. 40,*б*.

Антенна автомашины ЗИС-110 менее эффективна, чем антенна автомашины ЗИМ, так как она значительно короче (700 *мм*) и имеет ненадежный контакт между секциями и значительную емкость между поворотным механизмом и корпусом автомобиля, которая вносит большие потери на частотах выше 70—80 *мггц*. Более подходящими являются антенны, устанавливаемые на автомашинах М-20Б, которые состоят из трех звеньев.

При использовании вышеупомянутых антенн необходимо заменить имеющиеся в них изоляторы на более высококачественные. Антенны всегда нужно устанавливать возможно

выше и так, чтобы они не заслонялись какими-либо металлическими деталями подвижного объекта. Их ставят на прочных керамических изоляторах; штыри и другие металлические детали хромируют.



Фиг. 40. Диаграммы направленности излучения антенн, установленных на легковых автомобилях.

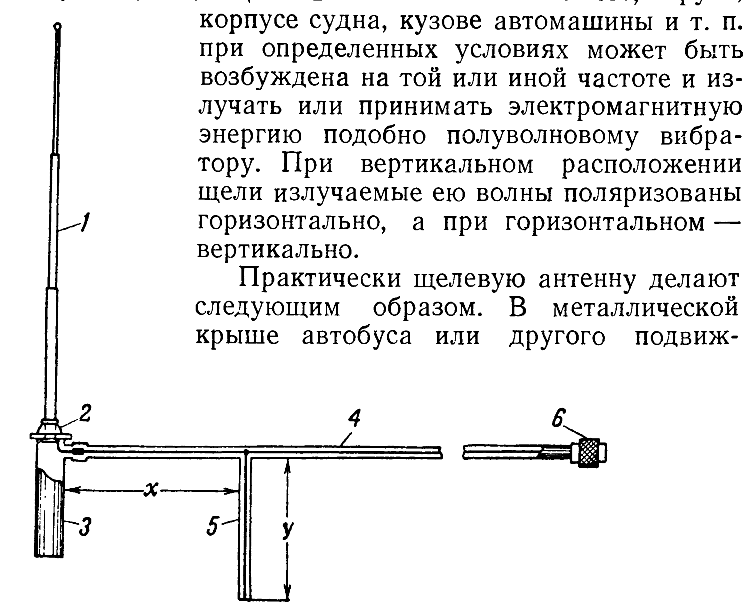
а — при установке антенны над лобовым стеклом; *б* — при установке антенны сбоку, сзади.

Согласование других типов антенн с фидером осуществляют также шлейфами из отрезков высокочастотного кабеля в виде четвертьволновых согласующих линий (фиг. 42) или антенными трансформаторами, которые делают в экранирующих чехлах. Соединяются антенны

с аппаратурой в подвижных объектах, как правило, высокочастотным кабелем.

В отдельных случаях при установке радиостанций в подвижных объектах с цельнометаллической крышей, например в автобусах, легковых машинах и т. п., применяют щелевые антенны. Щель в металлическом листе, трубе, корпусе судна, кузове автомашины и т. п. при определенных условиях может быть возбуждена на той или иной частоте и излучать или принимать электромагнитную энергию подобно полуволновому вибратору. При вертикальном расположении щели излучаемые ею волны поляризованы горизонтально, а при горизонтальном — вертикально.

Практически щелевую антенну делают следующим образом. В металлической крыше автобуса или другого подвиж-

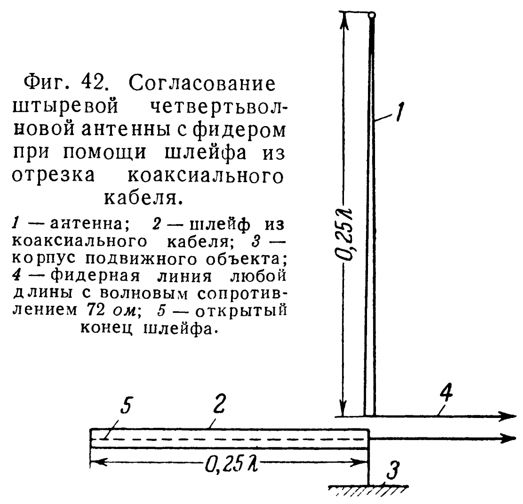


Фиг. 41. Типовая автомобильная антенна автомобиля ЗИМ.
1 — трубчатые секции; 2 — изолятор; 3 — металлический стакан; 4 — фидер из коаксиального кабеля; 5 — настроечный шлейф; 6 — соединительная фишка.

ного объекта вырезают продолговатую или круглую щель (фиг. 43), заполняют ее хорошим диэлектриком, например плексигласом, и к двум сторонам ее присоединяют фидерную линию. Согласования фидера с антенной добиваются изменением точки присоединения к щели одного из концов линии. По своим радиотехническим качествам такая антенна близка к вышеописанным несимметричным вибраторам и обладает ненаправленным действием, подобным действию четвертьволнового штыря, установленного на месте щели.

Переносные радиостанции работают с различными видами штыревых несимметричных антенн, которые присоединяют непосредственно к выходному контуру радиостанции. Все антенны делают складывающимися: из трубок, входя-

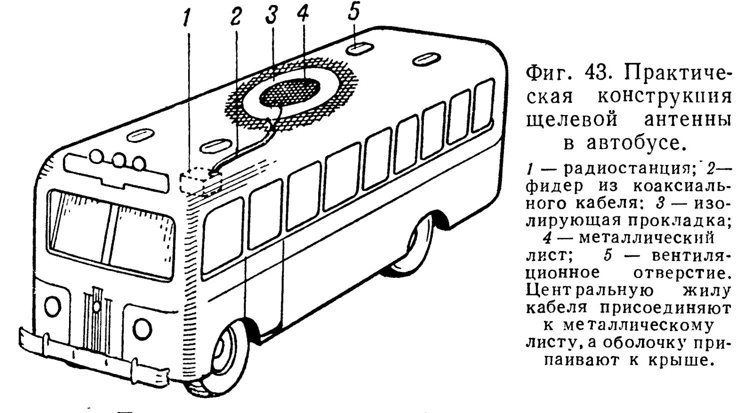
щих одна в другую (телескопическая антенна), в виде упругой ленты (наподобие рулетки) из скручивающихся между собой отдельных звеньев или из «бус», надетых на стальной тросик с натягивающим приспособлением.



Фиг. 42. Согласование штыревой четвертьволновой антенны с фидером при помощи шлейфа из отрезка коаксиального кабеля.

1 — антенна; *2* — шлейф из коаксиального кабеля; *3* — корпус подвижного объекта; *4* — фидерная линия любой длины с волновым сопротивлением 72 *ом*; *5* — открытый конец шлейфа.

В аппаратуре, работающей на волнах короче 3—4 *м*, функцию противовеса обычно выполняет корпус самой радиостанции, а на более длинных волнах применяют противовесы. Если радиостанция работает на нескольких волнах, то антенну рассчитывают на волну, лежащую в середине перекрываемого диапазона. Настройку ее на другие волны осуществляют изменением емкости или индуктивности, включаемых последовательно с антенной.



Фиг. 43. Практическая конструкция щелевой антенны в автобусе.

1 — радиостанция; *2* — фидер из коаксиального кабеля; *3* — изолирующая прокладка; *4* — металлический лист; *5* — вентиляционное отверстие. Центральную жилу кабеля присоединяют к металлическому листу, а оболочку припаивают к крыше.

ФИДЕРНЫЕ ЛИНИИ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Фидерные линии. Подвижные и стационарные радиостанции обычно помещают на некотором расстоянии от антенн и соединяют их фидерами, работающими в режиме стоячих или бегущих волн. Фидерные линии в режиме стоячих волн применяют редко, так как, являясь настроенной резонансной системой, они должны быть строго определенных размеров, имеют сравнительно большие потери и т. п. Фидеры бегущей волны обладают меньшими потерями, могут быть сделаны произвольной длины, и поэтому они нашли широкое применение в системах подвижной радиосвязи. Известно, что для получения режима бегущей волны в фидере необходимо обеспечить равенство входного сопротивления антенны (сопротивления нагрузки) R_A и волнового сопротивления фидера Z_0, т. е. соблюдать условие $Z_0 = R_A$; чем лучше согласован фидер с антенной, тем меньше коэффициент стоячей волны, характеризующий качество согласования линии с нагрузкой, следовательно, тем больше к. п. д. антенной системы. Напомним, что коэффициент стоячей волны, равный 1,7, вызывает до 6% потерь мощности передатчика, равный 2, — около 10%, равный 3, — почти 25% и т. д.

Наибольшее распространение получили фидерные линии из высокочастотного кабеля. Ассортимент производимых кабелей позволяет подобрать кабель с волновым сопротивлением, соответствующим сопротивлению излучения антенн. Если волновое сопротивление имеющегося высокочастотного кабеля неизвестно, то его можно с достаточной для практических целей точностью определить по формуле

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{D}{d}.$$

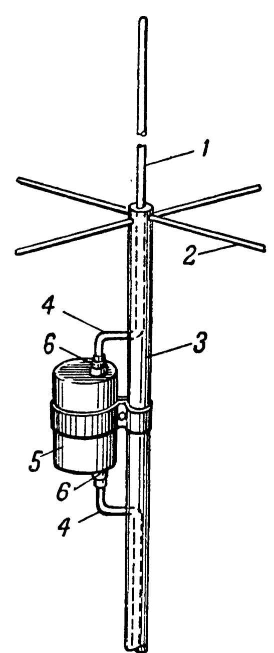
где ε — диэлектрическая проницаемость изоляции кабеля (для кабелей с полиэтиленовыми наполнителями она колеблется в пределах от 2,2 до 2,5);

D — диаметр внешнего проводника;

d — диаметр внутреннего проводника.

При длине фидерной линии до 10—15 длин рабочей волны вносимое кабелем затухание, как правило, не превышает 2 *дб* и поэтому в практике с ним обычно не считаются. В случае очень длинного фидера в приемных устройствах потери могут быть скомпенсированы антенными усилителями.

Заземления. Являясь одной из наиболее высоких точек на местности, антенны стационарных радиостанций подвержены, особенно в сельских районах, действию атмосферных разрядов, поэтому при установке антенн особое внимание обращают на тщательность их заземления. С этой целью заземляют элементы антенны, внешнюю оболочку соединяющего антенну с радиостанцией высокочастотного кабеля и тело мачты, если она металлическая. Простейшее заземление состоит из двух-трех медных, латунных или в крайнем случае стальных оцинкованных листов, зарытых в землю на глубину порядка 2—3 *м*, или из нескольких проводов длиной по 15—20 *м*, радиально расходящихся от антенны и зарытых в землю. Соединение заземляемых конструкций производится проводом диаметром не менее 4—6 *мм*.



Фиг. 44. Установка антенного усилителя на мачте.

1 — вертикальный штырь антенны; *2*—горизонтальные элементы антенны; *3* — труба мачты; *4* — фидер из коаксиального кабеля; *5* — антенный усилитель; *6* — соединительные фишки.

Антенны подвижных радиостанций, обычно невысоко поднятые над землей, не заземляются. Исключение могут представлять антенны радиостанций, устанавливаемых на полевых станах, эти антенны во время грозы следует заземлять.

АНТЕННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Если приемная аппаратура расположена на значительном расстоянии от антенны, то фидер из высокочастотного кабеля с полиэтиленовым наполнителем, соединяющий антенну с этой аппаратурой, вносит значительные потери и тем самым делает затруднительным прием слабых сигналов. Чтобы скомпенсировать эти потери и улучшить отношение полезного сигнала к помехам, применяют так называемые антенные усилители, которые представляют собой 1—3-каскадные УВЧ.

Антенный усилитель устанавливают в непосредственной близости от антенной системы (фиг. 44). Питание его производится от сети переменного тока, через монтируемый вместе с усилителем выпрямитель или от общих с другой

аппаратурой источников питания. Напряжение подается по специально проложенным для этой цели проводам или по кабелю фидерной линии. В последнем случае в цепь ставят заградительные высокочастотные фильтры.

Для обеспечения бесперебойной работы устанавливают два усилителя (рабочий и резервный), причем резервный усилитель включается дежурным оператором или автоматически при выходе из строя основного усилителя. Для защиты усилителей от действия атмосферных осадков и от температурных изменений их помещают в герметические кожухи.

Если от одной антенны работает несколько приемников, то, кроме антенного усилителя, у ввода фидера в помещении устанавливают так называемые катодные повторители (усилители с несколькими раздельными выходами). Применение таких устройств позволяет получить прием слабых сигналов и при большой длине фидерных линий.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОСТАНЦИЙ

Источниками питания подвижных радиостанций служат аккумуляторы; в переносных и портативных радиостанциях применяют также гальванические элементы и батареи. Питание стационарных радиостанций и зарядку аккумуляторов подвижных радиостанций производят от городской сети переменного тока, а где ее нет,— от различных электроагрегатов.

АККУМУЛЯТОРЫ

Первичными источниками питания радиостанций, устанавливаемых на средствах транспорта, служат 6-, 12- или 24-*в* стартерные аккумуляторы.

Основными требованиями, предъявляемыми к аккумуляторам, являются: механическая прочность, способность работать при низких температурах или в условиях повышенной влажности, способность выдерживать продолжительный разряд токами (4—6 *а*) и кратковременный разряд токами до 15—25 *а*. Если радиостанция питается от отдельных аккумуляторов, то предпочтение отдают щелочным аккумуляторам, как более прочным и удобным в эксплуатации.

Питание накала ламп радиостанций производится непосредственно от аккумуляторов. Высокое напряжение для приемника и передатчика получают преобразованием умформерами или вибропреобразователями тока низкого напряжения в ток высокого напряжения.

УМФОРМЕРЫ

Умформеры представляют собой электрический агрегат, в котором совмещены электродвигатель с генератором постоянного тока. Применяемые в радиостанциях умформеры типа РУ имеют два или три коллектора и снабжены помехозащитным фильтром.

Так как умформеры производят значительный шум, их необходимо звукоизолировать. Для этого их ставят на амортизирующих прокладках или помещают в специальные ящики. При этом нужно учитывать, что умформеры греются и потому требуют охлаждения.

Размещать умформеры далеко от аккумуляторов и радиостанции не рекомендуется, так как при этом получается значительное падение напряжения в проводах. Кроме того, длинные соединительные провода могут быть причиной помех радиоприему.

Обычно для питания анодов ламп приемника применяют один умформер, а для передатчика — второй.

ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

В вибропреобразователях постоянный ток низкого напряжения преобразуется специальным вибратором в пульсирующий ток низкого же напряжения, переменная составляющая которого повышается до нужного значения трансформатором и затем специальной схемой выпрямляется.

Вибропреобразователи бывают двух типов: синхронные и асинхронные. В синхронных вибропреобразователях получаемое после трансформатора высокое напряжение выпрямляется при помощи добавочных контактов на якоре вибратора. В асинхронных же вибропреобразователях высокое переменное напряжение выпрямляется лампами или селеновыми столбиками.

Если питание радиостанций производится от аккумуляторов с напряжением 6 *в*, то в этом случае применяют вибраторы типа В-6 или В-6-21, если же напряжение источников питания равно 12 *в*, то — типа В-12. Любой из них может работать как в схеме синхронного, так и в схеме

асинхронного вибропреобразователя. Для питания приемников применяют, как правило, синхронные вибропреобразователи, а для передатчиков — асинхронные, которые могут быть сделаны более мощными. Схема соединения их с аппаратурой примерно такая же, как и умформеров.

Вибропреобразователи удобны тем, что срок службы самого виброблока практически не ограничен, в процессе эксплуатации приходится заменять лишь вибраторы, которые могут работать 400 и более часов, в зависимости от их типа и нагрузки.

Вибропреобразователи, так же как и умформеры, являются источниками радиопомех, поэтому они снабжаются высокочастотными фильтрами, а все провода, подходящие к ним, тщательно экранируются.

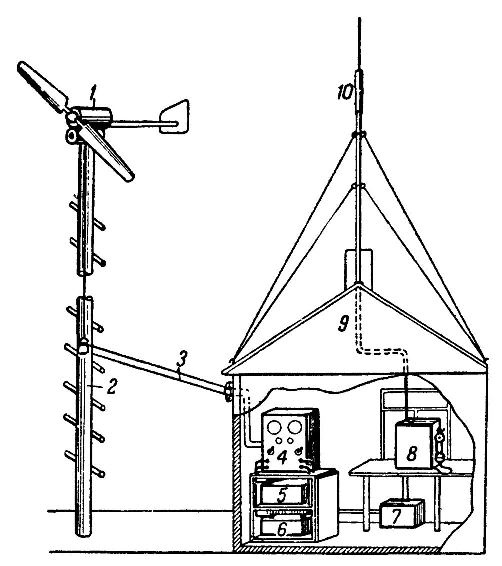
ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРОВ И ПИТАНИЕ РАДИОСТАНЦИЙ В МЕСТАХ, НЕ ИМЕЮЩИХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Электроагрегаты с двигателями внутреннего сгорания. В местах, где отсутствует электросеть, в качестве первичных источников энергии используют электроагрегаты переменного и постоянного тока с двигателями внутреннего сгорания, ветродвигателями, генераторы с ножным или ручным приводами, а там, где имеются водные ресурсы, — так называемые микро-ГЭС.

Питание стационарных радиостанций осуществляется либо непосредственно от электроагрегатов, либо от заряжаемых ими аккумуляторов. Широкое распространение для зарядки аккумуляторов получили зарядные станции типа ПЗС-1,5, которые состоят из генератора постоянного тока типа ПН-10 мощностью 1,5 *квт* и бензинового двигателя Л-3/2, смонтированных на одной раме. Для этих же целей применяют спаренные с двигателями зарядные генераторы типа ЗДН, имеющие один якорь и два коллектора для одновременной зарядки двух различных аккумуляторных батарей (или двух групп батарей). Эти генераторы допускают регулирование напряжения на обоих коллекторах одновременно в пределах от 65 до 100% номинальной его величины.

Некоторые генераторы типа ЗДН имеют сериесные стартерные обмотки для запуска спаренных с ними двигателей внутреннего сгорания. Удобными двигателями являются бензиновые типа ЗИД с воздушным охлаждением, типа Л с термосифонным — водяным охлаждением и аналогичные им. Расход горючего таких двигателей невелик, примерно 0,3—0,4 *л* на 1 *л. с. ч.*

Ветроэлектроагрегаты. В районах, где среднегодовая скорость ветра не менее 3 *м/сек*, питание радиостанций и зарядку аккумуляторов можно производить от ветроэлектрических агрегатов, состоящих из ветродвигателя и генератора постоянного или переменного тока (фиг. 45).



Фиг. 45. Питание радиостанции от ветроэлектроагрегата.

1 — генератор; *2* — опора; *3* — провода; *4* — зарядно-распределительный щит *5* и *6* — аккумуляторные батареи; *7* — вибропреобразователь; *8* — радиостанция; *9* — фидер; *10* — антенна.

Мощность ветроэлектроагрегатов зависит от их конструкции и скорости ветра. В настоящее время известно несколько типов ветродвигателей промышленного изготовления, которые начинают работать при скорости ветра 3,5—4 *м/сек*, а при 5—6 *м/сек* развивают уже полную мощность. Их устанавливают на опорах высотой 10—16 *м* над землей с тем, чтобы окружающие деревья или строения не заслоняли их от ветра.

Наиболее широкое распространение для зарядки небольшого числа аккумуляторов получили ветроэлектроагрегаты типа ВЭ-2, состоящие из быстроходного двигателя с числом оборотов в минуту от 280 до 760 (в зависимости от скорости ветра), трехфазного генератора переменного

тока типа ГПМ-130 мощностью до 150 *вт*, напряжением 10—15 *в* и частотой 19—50 *гц* и двухполупериодного селенового выпрямителя. Размах лопастей двигателя равен 2 *м*. Такой ветроэлектроагрегат обеспечивает зарядку 12-*в* аккумуляторов емкостью от 40 до 120 *ач*. Мощность, отдаваемая агрегатом после выпрямителя, зависит от скорости ветра и колеблется от 6 до 115 *вт*. Ветродвигатель ВЭ-2 может обеспечить работу радиостанции мощностью 5—8 *вт* при постоянно включенном приемнике в течение 6—10 час., а в ветреные дни — до 12—16 час. в сутки.

Для питания радиостанций большей мощности, зарядки аккумуляторов и одновременного освещения территории и других нужд применяют ветроэлектроагрегаты с ветродвигателем типа Д-12 и генератором переменного или постоянного тока мощностью до 8 *квт*. Ветродвигатель Д-12 может обеспечить электроэнергией круглосуточную работу радиостанций по одной из следующих схем:

1. К генератору постоянного тока, вращаемому ветродвигателем, подключена аккумуляторная буферная батарея емкостью 200—400 *ач*, которая выравнивает вырабатываемое генератором напряжение, а при отсутствии ветра полностью питает радиостанцию.

2. Ветродвигатель вращает генератор переменного тока, который при отсутствии ветра работает от двигателя внутреннего сгорания, установленного для этой цели рядом с генератором. В этом случае питание аппаратуры производится переменным током или от аккумуляторов, заряжаемых через выпрямитель.

Ветродвигатель трогается без нагрузки при скорости ветра 3 *м/сек* и может работать при его изменении в пределах от 4 до 40 *м/сек*.

Электроагрегаты с ручным или ножным приводом. Во время походов и экспедиций для питания радиостанций используют переносные ручные или ножные (педальные) электроагрегаты. Они состоят из генераторов постоянного тока мощностью до 15—20 *вт* и механических приводов. Радиостанции питаются либо непосредственно от агрегатов, либо от них заряжаются питающие аппаратуру аккумуляторы. Примером электрогенератора с ручным приводом является двухколлекторный генератор постоянного тока типа ДРП-6. Он дает при скорости вращения рукоятки 60—75 об/мин напряжение 209—242 *в* при токе до 0,03 *а* для питания анодов ламп и 3,6 *в* при 4,2 *а* для питания накальных цепей.

ГЛАВА ПЯТАЯ

РАЗМЕЩЕНИЕ РАДИОСТАНЦИЙ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ВЫБОР МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РАДИОСТАНЦИИ

Существенно важным вопросом организации радиосвязи на УКВ с подвижными объектами является выбор месторасположения центральной радиостанции; правильный выбор его определяет и качество и дальность радиотелефонной связи. При выборе места установки центральной радиостанции исходят из задач назначения связи и при этом, сообразуясь с местными условиями, учитывают следующее.

Если требуется организовать радиосвязь с объектами, перемещающимися в определенном радиусе, например связь с автомашинами неотложной медицинской помощи или аварийных служб в городе, то для получения равномерного покрытия обслуживаемой территории, т. е. для связи из любых точек города, лучше всего главную радиостанцию расположить в его центре (фиг. 2). Это дает возможность применить в стационарных и подвижных радиостанциях передатчики с минимально необходимой мощностью. Для размещения радиостанции нужно использовать точки, господствующие по высоте над окружающей местностью.

Антенну радиостанции нужно располагать возможно выше «среднего уровня» крыш домов, чтобы она не загораживалась соседними строениями или деревьями. Следует иметь в виду, что здания и отчасти деревья, расположенные в непосредственной близости или даже на расстоянии нескольких длин рабочей волны от антенны радиостанции, если они выше антенны, будут оказывать заметное экранирующее действие, а также поглощать и переизлучать часть электромагнитной энергии, тем самым ухудшая связь с определенными секторами города, района или населенного пункта. Данное обстоятелсьтво может являться причиной полного отсутствия связи в точках позади упомянутых препятствий. Поэтому иногда приходится прибегать к установке мачт или к сооружению специальных башен, на которых затем укрепляют антенну.

При организации связи вдоль определенной трассы, участка дороги или прибрежной полосы центральную радиостанцию лучше всего располагать где-либо посредине их. В этом случае целесообразно применять антенны направ-

ленного действия. Наивыгоднейшая высота подвеса антенн и ориентировка здесь будут определяться требуемой дальностью связи в обе стороны от центральной радиостанции.

Кроме чисто «радиотехнических» соображений, при выборе места для центральной радиостанции необходимо учитывать месторасположение источника энергии и стабильность его напряжения, близость телефонных линий и т. п. Прежде чем решить вопрос о пригодности данного места для оборудования радиостанции, целесообразно проверить уровень местных помех на выделенных для связи волнах. С целью экономии средств стационарные радиостанции можно размещать в общих помещениях с радиовещательными радиотрансляционными узлами или телефонными станциями.

В случае организации радиосвязи в сельской местности, например для связи центральной усадьбы МТС или совхоза с полевыми станами, антенну центральной радиостанции нужно размещать также возможно выше, используя для этой цели высокие строения и специальные деревянные или металлические опоры-мачты. Высота мачт будет зависеть от требуемой дальности связи, например, если в усадьбе МТС, расположенной на равнине, установить мачту высотой 25 *м* и на ней укрепить антенну, а в полевом стане антенну поднять на высоту 8—9 *м*, что нетрудно сделать, подняв ее на шесте, то дальность устойчивой связи будет не менее 30 *км*.

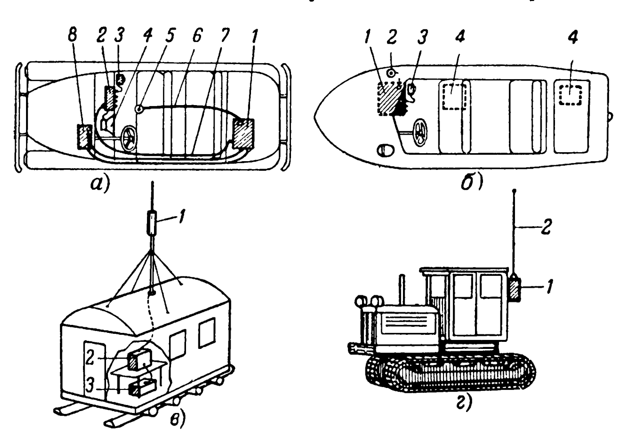
Местом установки антенн могут быть водонапорные башни, здания элеваторов, всевозможные вышки и т. п. В районе с пересеченной или холмистой местностью центральные радиостанции должны располагаться на возвышенностях. В лесистых районах антенны необходимо устанавливать так, чтобы они возвышались над лесом.

Организация радиотелефонной связи на УКВ с судами на море, водохранилищах и реках мало отличается от организации связи с подвижными объектами на суше. Однако, поскольку в этих случаях необходимо получить большие дальности связи вдоль прибрежной полосы и в сторону моря или водохранилища, на центральных радиостанциях применяют направленные и соответствующим образом ориентированные антенны. Сами радиостанции устанавливают на высоком берегу или для этой цели используют высокие портовые сооружения (маяки, элеваторы, сигнальные вышки и т. п.). Дальность связи на УКВ при распространении их над водной поверхностью при прочих равных усло-

виях больше, чем на суше (в зимнее время, когда связь осуществляется через замерзшие водоемы, эта разница в дальности уменьшается).

РАЗМЕЩЕНИЕ РАДИОСТАНЦИЙ НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

При установке радиостанций на подвижных объектах общим требованием является подыскание такого места на объекте, где бы радиостанции возможно меньше подвергались ударам, тряске, вибрации и прочим внешним воздействиям. Такими местами могут быть: в автобусах — место



Фиг. 46. Размещение радиостанций на подвижных объектах.

а — в легковой автомашине: *1* — приемо-передатчик, *2* — щиток управления, *3* — микрофон, *4* — громкоговоритель, *5* — антенна (на крыше), *6* — высокочастотный кабель (фидер), *7* — многожильный кабель, *8* — стартерный аккумулятор, *б* — на катере: *1* — радиостанция, *2* — антенна, *3* — микротелефонная трубка, *4* — два варианта размещения аккумуляторов; *в* — на полевом стане (в вагончике): *1*—антенна, *2* — радиостанция, *3* — аккумулятор, *г* — на тракторе. *1* — радиостанция, *2* — антенна.

расположения сидения водителя и центральная часть кузова; в грузовых автомобилях — кабина водителя; в легковых машинах — место, предназначенное для установки радиовещательного приемника под передним щитком водителя или багажник; в автомашинах ГАЗ-69 — под передним щитком водителя или около пассажирского сидения; в гусеничных тракторах — кабина тракториста; в катерах и других мелких судах — центральная часть судна и т. п. (фиг. 46).

Крепление радиостанций к корпусу подвижного объекта производят болтами с шайбами и амортизирующими резиновыми прокладками, зажимами или специальными хомута-

ми, при этом между ними и корпусом радиостанции также помещают резиновые прокладки. Иногда прокладки из губчатой резины ставят между корпусами радиостанции и подвижного объекта. Подвеска аппаратуры на амортизаторах (пружинах и др.) практикуется лишь в случаях, когда она подвергается особо сильным толчкам и тряске.

Радиостанции располагают поблизости от антенного устройства и источников питания, так как иначе длинные провода от аккумуляторов, вибропреобразователей или умформеров, помимо того, что в них получается большое падение напряжения, могут явиться источниками помех радиоприему, а длинные фидерные линии вносят дополнительные потери энергии высокой частоты.

Органы управления радиостанций и микротелефонные трубки обычно размещают справа от оператора, в непосредственной близости от него. Если радиостанцию устанавливают где-либо в стороне, например в носовой части судна или в пассажирской кабине автобуса, а в качестве оконечных устройств применяют отдельные микрофон и громкоговоритель, то щиток управления радиостанции, микрофон и громкоговоритель выносят и укрепляют около оператора. Микрофон помещают в специальном держателе, а при переговорах берут его в руку; в отдельных случаях его крепят на шарнирной консоли, позволяющей не занимать руки при переговорах. Держатели микрофона или микротелефонной трубки должны прочно удерживать их во время движения объекта.

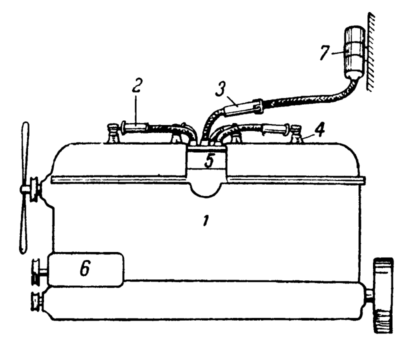
СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ РАДИОПРИЕМА ОТ ПОМЕХ, ПРОИЗВОДИМЫХ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

При установке УКВ радиостанций в автомашинах, катерах, на тракторах и других подвижных объектах с двигателями внутреннего сгорания нужно считаться с высоким уровнем помех, производимых системой зажигания последних. Кроме того, например, в автомашинах при их движении иногда появляются помехи в виде тресков различной интенсивности, причиной которых обычно служит нарушение контактов между отдельными частями автомобиля.

Помехи от системы зажигания на разных волнах УКВ диапазона имеют различную интенсивность: на волнах порядка 8—10 *м* они ощущаются несколько сильнее, чем на волнах 2—4 *м*. Уровень этих помех в значительной степени зависит и от конструкции системы зажигания, примененной в данном двигателе внутреннего сгорания. Высокий уровень

помех, например, создают тракторные моторы с зажиганием от магнето и авиационные моторы.

Двигатели автомашин, имеющие специальную экранировку системы зажигания, как, например, у автомобилей ЗИС-110 и «Победа» (последних выпусков), более или менее свободны от помех. В этих автомобилях токонесущие провода системы зажигания, а иногда и освещения, проложены в гибких металлических шлангах, а прерыватель-распределитель, индукционная катушка и другие детали электрооборудования заключены в экранирующие кожухи. Кроме того, в провода свечей или прерывателя-распределителя, а иногда и того и другого вместе включены так называемые подавительные сопротивления.



Фиг. 47. Двигатель внутреннего сгорания, оборудованный помехозащитными сопротивлениями.

1 — двигатель; *2*—подавительное сопротивление СЭ-02, *3* — то же, СЭ-01; *4* — свеча; *5* — прерыватель-распределитель, *6* — генератор; *7* — индукционная катушка.

Практически помехи радиоприему на УКВ от системы зажигания двигателя можно в значительной степени ослабить надлежащим включением только подавительных сопротивлений. Для этого провод, идущий от индукционной катушки к прерывателю - распределителю, разрывают и в разрыв его включают подавительное сопротивление типа СЭ-01. Еще лучших результатов можно достигнуть, включив в разрыв каждого из проводов, идущих к свечам, сопротивления типа СЭ-02 или СЭ-12 (фиг. 47), а на провода «бортовой» сети надеть металлический чулок, шланг типа РГ-8 или шланг «гусиная шейка». Включение сопротивлений в цепь зажигания не нарушает нормальной работы двигателя. В качестве удовлетворительного заменителя этих специальных сопротивлений могут быть использованы обычные остеклованные непроволочные сопротивления или даже сопротивления типа ВС или ТО величиной около 10 *ком* и мощностью не менее 2 *вт*.

При эксплуатации помехозащитных устройств следует иметь в виду, что под действием тепла от двигателя, большого перепада температур в зимнее время и по некоторым другим причинам включенные в цепь зажигания сопротив-

ления через некоторое время значительно увеличивают свою величину, а затем вовсе выходят из строя. Поэтому, чтобы не подвергаться риску внезапной остановки двигателя, нужно регулярно, примерно 1 раз в месяц, проверять их омметром; увеличение сопротивления в 1,5—2 раза свидетельствует о необходимости его замены.

Для устранения помех, производимых электрическими генераторами подвижных объектов, применяют низкочастотные фильтры. Эти помехи проявляются в виде жужжащего шума или завывания (тона низкой частоты), изменяющегося с изменением числа оборотов двигателя и слышимого в громкоговорителе или телефонах приемника своей радиостанции. Если радиостанция питается от стартерного аккумулятора, при работающем двигателе они могут промодулировать и передатчик. Обычно достаточно установить конденсаторы емкостью порядка 0,1—0,5 *мкф* между выводными зажимами генератора и его корпусом или между зажимами реле-регулятора, если помехозащита устанавливается на автомашине, и помехи прекращаются. Для этой цели подходят бумажные конденсаторы, например типа КЗ или КБП.

Помехи, вызываемые нарушением электрического контакта между отдельными металлическими частями подвижного объекта, устраняются тщательным соединением этих частей между собой горячей пайкой или сваркой. При работе на более длинных метровых волнах нарушение электрического контакта между частями может вызвать также расстройку выходного контура передатчика, так как в подвижных объектах противовесом обычно является корпус данного объекта и длина волны в этом случае может стать соизмеримой с его электрическими параметрами.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АППАРАТУРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ

С целью обеспечения бесперебойной работы радиостанций производят их систематический профилактический осмотр, регулярную проверку режимов и предупредительный ремонт. Все это проделывают на специальной базе или в электротехнических мастерских, которые должны быть укомплектованы специалистами и обеспечены соответствующим инструментом и контрольно-измерительными приборами.

В зависимости от интенсивности использования радиостанций проводятся и соответствующие профилактические мероприятия. В среднем аппаратура должна просматри-

ваться 2—3 раза в месяц, из них 1 раз производят проверку всех ее режимов.

Для контроля, профилактики и мелкого ремонта аппаратуры необходимы примерно следующие приборы: универсальный вольтметр типа ТТ-1 или ТТ-2, ламповый вольтметр постоянного тока с большим входным сопротивлением (типа ВЛУ-2), ламповый вольтметр переменного тока (типа ВКС-7 или ВКС-7Б), индикатор напряженности поля на соответствующие частоты, пробник с неоновой лампочкой (с низким потенциалом зажигания), измеритель выхода (типа ИВ-3 или ИВ-5), кварцевый калибратор для проверки и настройки радиостанций.

Если на базе производится текущий и капитальный ремонт радиостанций, то она, кроме того, должна быть обеспечена УКВ стандарт-сигнал-генераторами типа СГ-1 или ГСС-12, генератором ГСС-6, звуковым генератором типа ЗГ-2А или ЗГ-10, осциллографом типа ЭО-5 или ЭО-6 с приставкой резонансных кривых типа РК, генератором качающейся частоты для ремонта радиостанций с частотной модуляцией, а также куметром и мостом (например, типа УМ-2) для измерения емкостей и индуктивностей.

Для оказания технической помощи на линии используют «скорую техническую помощь» — автомашины с кузовом типа «фургон», которые снабжены необходимыми инструментами, контрольно-измерительными приборами и аппаратурой.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

РАДИОРЕТРАНСЛЯЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

На трассах большой протяженности, когда мощности центральной и подвижных радиостанций оказываются недостаточными, для обеспечения связи между ними прибегают к установке промежуточных ретрансляционных радиостанций. Для этого всю трассу разбивают на участки, каждый из которых обслуживается своей ретрансляционной станцией (фиг. 48)

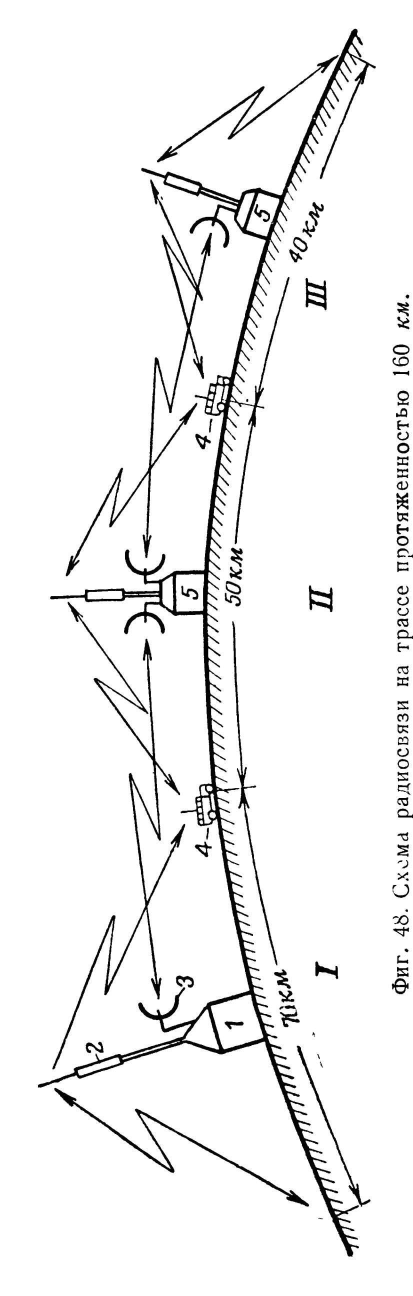
Ретрансляционные станции обычно устанавливают в случайных помещениях и они не требуют постоянного наблюдения технического персонала (фиг. 49), так как управление ретрансляторами, т. е. включение и выключение их, производят дистанционно по проводам или по радио. Для этой цели используют либо специальные, либо уже имеющиеся

проводные или кабельные линии связи, а если управление осуществляется по радио, то в этом случае предусматривают специальные служебные радиоканалы в метровом или дециметровом диапазонах.

Ретрансляторы применяются как в симплексных, так и в дуплексных системах связи. По назначению их можно разделить на приемные и приемо-передающие ретрансляторы.

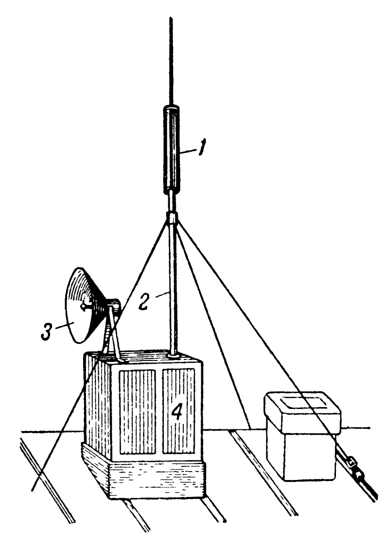
ПРИЕМНЫЕ РЕТРАНСЛЯТОРЫ

Приемные ретрансляторы применяют в тех случаях, когда более мощные передатчики центральных радиостанций с лучшими высокоподнятыми антеннами имеют радиус действия, значительно превышающий радиус действия менее мощных подвижных радиостанций, которые работают обычно в худших условиях. Пусть, например, передатчик стационарной радиостанции мощностью 100 *вт* при данных условиях обеспечивает на расстоянии в 50 *км* напряженность поля, вполне достаточную для получения устойчивой связи, а передатчики автомобильных радиостанций мощностью порядка



Фиг. 48. Схема радиосвязи на трассе протяженностью 160 *км*.

1 — центральная радиостанция; *2* — круговая антенна радиостанции; *3* — направленная антенна аппаратуры служебного канала; *4* — подвижные радиостанции; *5* — ретрансляторы; *I* — зона действия центральной радиостанции; *II* — зона действия первого ретранслятора, *III* — зона действия второго ретранслятора.



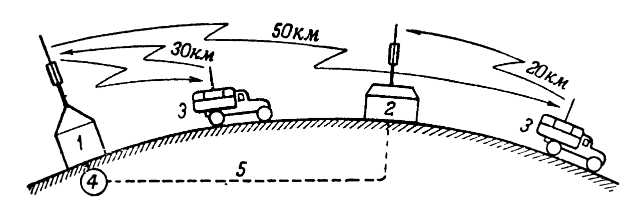
Фиг. 49. Устройство установленного на крыше здания приемного ретранслятора, управляемого по радио.

1 — антенна приемника, *2* — металлическая мачта; *3* — направленная антенна (диполь с параболическим рефлектором) передатчика служебного канала, *4* — герметизированный шкаф с радиоаппаратурой.

10 *вт* принимаются удовлетворительно только на расстоянии до 30 *км*. Таким образом, дальность действия центральной радиостанции превышает на 20 *км* дальность действия подвижных (автомобильных) радиостанций. Устранить этот разрыв, т. е. увеличить радиус действия последних радиостанций, можно увеличением их мощности, улучшением их антенных устройств и увеличением чувствительности приемника.

Но эти меры ограничиваются специфическими условиями работы подвижных радиостанций, сильно удорожают их стоимость и увеличивают расходы на их содержание. Более простым и удобным оказывается установка на некотором расстоянии от центральной радиостанции (в рассматриваемом случае на расстоянии 35—40 *км* от нее) приемной ретрансляционной аппаратуры (фиг. 50). Дальность действия таких ретрансляторов составляет 15—25 *км* и зависит от места их установки и мощности подвижных радиостанций.

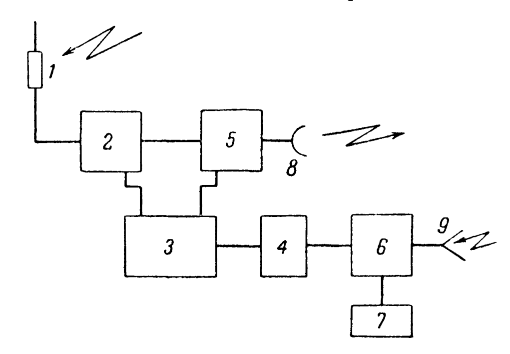
При использовании приемных ретрансляций в дуплексных сетях связь осуществляется следующим образом. Пе-



Фиг. 50. Схема двусторонней связи через управляемый по проводам приемный ретранслятор.

1 — центральная радиостанция; *2* —приемный ретранслятор; *3*—подвижные радиостанции; *4* — диспетчер; *5* — проводная или кабельная линия.

редача подвижной радиостанции принимается приемником ретранслятора и передается (ретранслируется) далее — в центр по проводам или по радио. Если ретрансляция должна производиться по проводам, то к ретранслятору подводится специальная проводная или кабельная линия. Если же ретрансляция должна производиться по радио, то на ретрансляционной станции вместе с приемником должен быть установлен ретранслирующий передатчик, обычно снабжаемый направленной антенной и работающей на волне,



Фиг. 51. Блок-схема приемного ретранслятора, управляемого по радио.

1 — антенна основного приемника; 2 — приемник, принимающий сигналы от передвижных радиостанций, 3 — устройство питания приемника (2) и передатчика служебного канала; 4— блок дистанционного управления (реле), 5 — передатчик служебного канала, 6 — приемник для приема управляющих (командных) сигналов; 7 — блок питания приемника 6; 8 — направленная передающая антенна; 9 — направленная приемная антенна.

отличной от волны подвижных радиостанций. В первом случае дистанционное управление аппаратурой ретранслятора (включение и выключение) производится по той же паре проводов, которая служит и для передачи в центр ретранслированных сигналов, а во втором случае используют либо специальный служебный радиоканал, либо управляющие (обычно кодированные) сигналы передают на той же волне, на которой работают передатчики подвижных радиостанций.

Комплект аппаратуры приемного ретранслятора, управляемого по проводам, состоит из супергетеродинного приемника с одной или несколькими жестко фиксированными волнами, ненаправленной антенны, устройства питания (выпрямителя) и блока дистанционного управления. При обслуживании узкого участка трассы или сектора приме-

няют направленные антенны. Приемные ретрансляторы, управляемые по радио, кроме того, имеют приемник для приема командных (управляющих) сигналов, передатчик, ретранслирующий сигналы, принятые от подвижных или переносных радиостанций в центр, и устройство питания к ним (фиг. 51). На центральной радиостанции в этом случае устанавливают специальные приемники для приема ретранслированных сигналов и передатчик для посылки командных (управляющих) сигналов.

ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИЕ РЕТРАНСЛЯТОРЫ

Приемо-передающие ретрансляторы предназначены для увеличения дальности связи в обоих направлениях, т. е. как от подвижных радиостанций к центру, так и от центра к подвижным радиостанциям. Применение таких ретрансляторов позволяет осуществлять связь с подвижными радиостанциями на расстояниях, в несколько раз превышающих обычную дальность связи на УКВ.

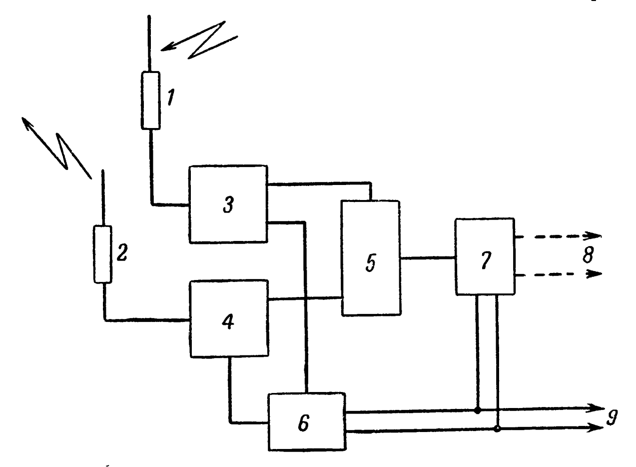
Аппаратура приемо-передающих ретрансляторов, управляемых по проводам, отличается от вышеупомянутой тем, что в комплект ее входит передатчик с устройством питания для передачи поступающих из центра сигналов подвижным или переносным радиостанциям, добавляется еще одна антенна и несколько усложняется конструкция блока управления (фиг. 52).

Значительно сложнее приемо-передающие ретрансляторы, управляемые по радио. Помимо приемного тракта (подвижная радиостанция — ретранслятор — центральная радиостанция), они имеют еще передающий тракт (центральная станция — ретранслятор — подвижная радиостанция). Последний тракт работает в том же порядке, как описано выше, с той лишь разницей, что включение основного передатчика ретранслятора производится посылкой с центральной радиостанции «несущей» или специального сигнала.

Наличие двух передатчиков, двух приемников, сложных антенного устройства и блока управления вызывает известные трудности при изготовлении и эксплуатации таких ретрансляторов. Кроме того, соответственно усложняется аппаратура центральной радиостанции, которая в данном случае должна состоять также из двух передатчиков, двух приемников, питающих и антенных устройств и т. п. Однако опыт эксплуатации таких ретрансляторов на линиях связи показывает, что они могут обеспечить устойчивую кругло-

суточную связь по трассам протяженностью в несколько сот километров.

Питание ретрансляторов осуществляется от сети переменного или постоянного тока или от автономных источников питания. Если в местах их установки напряжение сети неустойчиво, то устанавливают автоматические стабилизаторы напряжения. Там, где электроэнергия подается с перебоями, предусматривают автоматическое переключение аппаратуры на питание от автономных источников, устанавливаемых поблизости. В целях обеспечения бесперебойной



Фиг. 52. Блок-схема приемо-передающего ретранслятора, управляемого по проводам.

1 — приемная антенна, *2* — передающая антенна; *3* — приемник; *4* — передатчик; *5*—питающее устройство, *6*—линейно-переходное устройство, *7* — блок дистанционного управления (релейная система), *8* — отдельная линия управления радиостанцией; *9* — линия связи.

работы линий связи ретрансляционная аппаратура резервируется вторым комплектом, который включается автоматически при выходе из строя основного комплекта.

Различные конструкции ретрансляторов работают поразному. В приемных ретрансляторах, управляемых по радио, с приходом «несущей» или специального сигнала от подвижных радиостанций релейное устройство на выходе постоянно включенного приемника включает передатчик служебного канала, который и ретранслирует сигналы дальше. Через несколько секунд после снятия «несущей» передатчик автоматически выключается до следующего вызова. Такой способ включения передатчика сокращает время его работы и уменьшает расход электроэнергии и

ламп. Если приходящие от подвижных радиостанций сигналы слабы и не в состоянии воздействовать на релейное устройство, предусматривается возможность включения и выключения передатчика служебного канала с центральной радиостанции посылкой соответствующих управляющих сигналов. На центральной радиостанции для приема ретранслированных сигналов включается соответствующий приемник.

Некоторые ретрансляции устройства автоматического включения и выключения не имеют, и их передатчики включаются на все время работы.

АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА РЕТРАНСЛЯТОРОВ

Конструкции антенных устройств ретрансляторов зависят от типа и назначения последних и иногда бывают довольно сложными.

В приемных ретрансляторах, управляемых по проводам, применяют простые антенны с круговой диаграммой излучения. Для обслуживания определенной трассы используют направленные антенны.

В ретрансляторах, управляемых по радио, кроме того, имеются узконаправленная антенна передатчика служебного канала, ориентируемая на центральную радиостанцию, и антенна приемника управления. Последняя может быть как направленного, так и ненаправленного действия, хотя первое целесообразнее.

Антенные устройства приемо-передающих ретрансляторов более сложны. Так, например, для ретранслятора дуплексной связи, управляемых по радио, требуется до четырех антенн (антенна основного приемника, антенна основного передатчика, антенна передатчика служебного канала и антенна приемника служебного канала). Однако в современных ретрансляторах количество антенн уменьшают, заставляя за счет применения различного рода антенных фильтров одну и ту же антенну выполнять различные роли, так что фактически количество антенн в них не превышает двух-трех.

РАЗМЕЩЕНИЕ РЕТРАНСЛЯТОРОВ

При выборе места расположения радиоретрансляторов нужно руководствоваться вышеприведенными данными о выборе места для размещения центральных стационарных радиостанций. К этому необходимо добавить, что для получения наибольшей дальности связи в желаемом направле-

нии радиоретрансляторы должны размещаться таким образом, чтобы подвижной объект при движении, выходя из зоны действия стационарной радиостанции, сразу же попадал бы в зону действия ретранслятора. Этим самым будет обеспечена непрерывная связь по всей заданной трассе.

Проектируя установку ретрансляторов, учитывают следующее:

1. Максимальное расстояние от центральной радиостанции, на которое можно отнести ретранслятор, не должно превышать суммы расстояний, перекрываемых передвижным или переносным передатчиком при приеме его на центральной радиостанции и на ретрансляционном пункте. Так, например, дальность действия передвижного передатчика при приеме его на антенну центральной радиостанции высотой 40 *м* определяется в 30 *км*, а дальность действия этого же передатчика при приеме на антенну ретранслятора высотой 25 *м* равна 22 *км*. Следовательно, максимальное расстояние от центральной радиостанции, на котором может быть установлен ретранслятор, будет равно $30+22=52$ *км*; дальность связи по трассе при этом будет равна $(30\times 2)+(22\times 2)=104$ *км*.

2. Дальность связи (до известных пределов) экономически выгоднее увеличивать за счет возможно большего увеличения радиуса действия передающего устройства центральной радиостанции и применения только приемных ретрансляторов.

3. Применение приемо-передающих ретрансляторов, передатчики которых работают на одной общей для всех станций волне, требует особенно тщательного выбора их мощности, расстояния между ретрансляционными пунктами и рациональной конструкции антенных устройств. Ненадлежащий учет этих факторов может привести к сильным взаимным помехам.

Не менее важным является и выбор волн служебных каналов, т. е. каналов, по которым производятся управление ретрансляторами и передача ретранслированных сигналов. Для служебных целей используют наиболее короткие волны метрового диапазона (1—1,7 *м*), а в более совершенных, многоканальных системах — дециметровые волны (меньше 1 *м*). Известны системы подвижной связи, у которых в качестве служебных применяют специально выделенные каналы междугородных радиорелейных линий связи, работающих на дециметровых волнах.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 2 р. 30 к.